الجمهورية العربية السورية
وزارة التربية
المركز الوطني لتطوير المناهج التربوية

الكيمياء

الصف الثالث الثانوي العلمي

طُبع لأول مرة في العام الدراسي: 2019–2020م

المؤلفون

تأليف لجنة من المختصين

المقدمة

نقدّم للمتعلّمين الأعزّاء كتاب الكيمياء المبنيّ وفق الإطار العام للمنهاج الوطني ووثيقة المعايير الوطنيّة المطوّرة، والّتي تهدف إلى مواكبة التطوّرات الحاليّة، وتقديم منهاج قائم على البحث العلمي والتجريب يلبّي آمال المتعلّمين من جهةٍ، ومتطلباّت سوق العمل والمجتمع المحلّي من جهةٍ أخرى.

يشهد العالم ثورةً معرفيّةً يرافقها تسارعٌ في إنتاج المعرفة وانتشارها وتطوّر التّقانات المستخدمة إضافةً إلى سرعة التغيّرات في مجالات الحياة كلّها.

لذلك وجب ربط المنهاج بالحياة اليوميّة للمتعلّم وبيئته، ومواكبة المستجدّات العلميّة والتّقنيّة الّتي سيكون لها الأثر الفعّال في تنمية شخصية المتعلّم من النّاحيتين الفكريّة والجسديّة، وهذا ما يسمح له بالتكامل مع متطلّبات الحياة المعاصرة، والمساهمة في التّنمية الوطنيّة المستدامة.

يخاطب المحتوى العلمي المتعلّم بوصفه محور العمليّة التّربويّة، ويشجّعه على التّعلم الذّاتي، حيث صيغت موضوعات الكتاب بأسلوب علمي مبسّط وواضح لتناسب النّمو العقلي والعمري للمتعلّم وتثير دافعيته. كما يرتكز المحتوى على المعارف والمهارات بعيداً عن الحشو والتّكرار، ويمكّن المتعلّم من مواجهة المشكلات الّتي يتعرّض لها في حياته اليوميّة، وإيجاد الأساليب المناسبة لحلّها، وكذلك يحفز المتعلّم على اكتساب مهارات التَواصل والتّفكير والبحث والاستنتاج بدلاً من تلقّي المعلومات وحفظها واستظهارها، كما يؤكّد المحتوى على دور المعلّم بوصفه موجّهاً للمناقشة، وميسّراً للعلم والعمل.
وكلُّنا أملٌ وثقة أن يحقّق زملاؤنا المعلّمون ما نصبو إليه.

فريق التّأليف

الفهرس

الوحدة الأولى: الكيمياء النوويّة

الوحدة الثانية: الغازات

الوحدة الثالثة: حركيّة التفاعلات الكيميائيّة

الوحدة الرابعة: الكيمياء التحليلية

الوحدة الخامسة: الكيمياء العضوية

الوحدة الأولى
الكيمياء النّوويّة



تُعدّ الطّاقة النّوويّة من أحد أهمّ مصادر الطّاقة، حيثُ تُستعمَل في عدّة مجالاتٍ منها توليد الكهرباء، والزّراعة، والطّبّ، وتنقية مياه الشّرب.

1-1

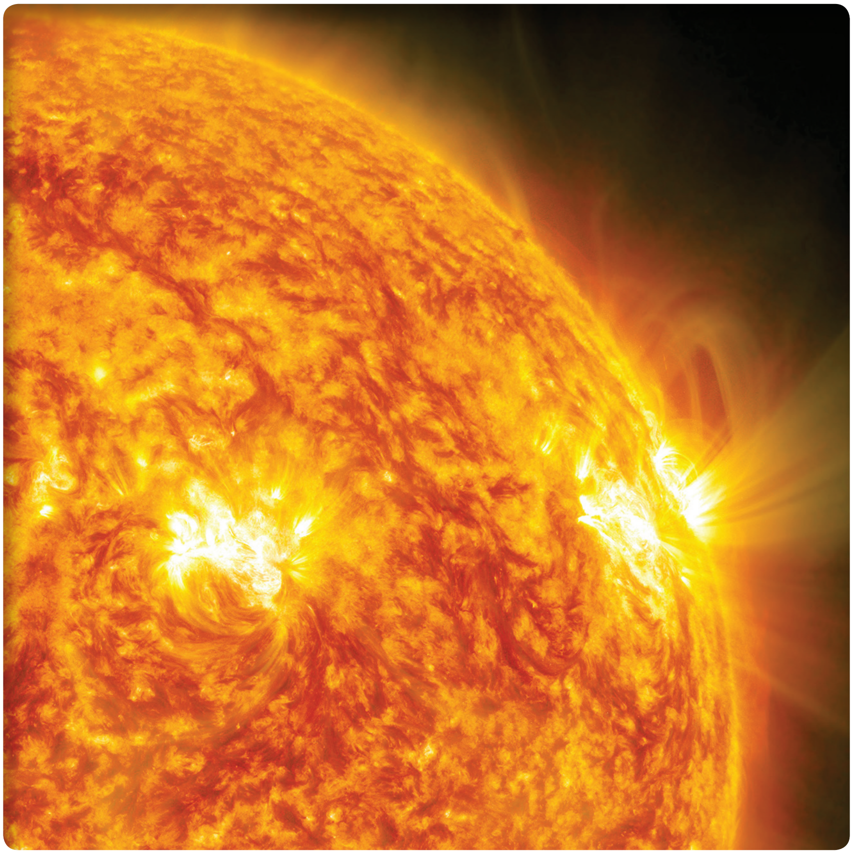
الكيمياء النّوويّة

الأهداف:

* يميّز بين النّوى المستقرّة وغير المستقرّة.
* يتعرّف أنواع التحوّلات النّوويّة (النّشاط الإشعاعيّ الطّبيعيّ).
* يقارن بين خاصّيّات جسيمات ألفا وبيتا وأشعّة غاما.
* يستنتج طاقة الارتباط في النّواة.
* يتعرّف عمر النّصف للمادّة المشعّة.
* يتعرّف التفاعلات النّوويّة.
* يتعرّف تفاعلات الالتقاط.
* يتعرّف تفاعلات التّطافر.
* يتعرّف تفاعلات الانشطار.
* يتعرّف تفاعلات الاندماج النّوويّ.

الكلمات المفتاحية:

* الاستقرار النّوويّ.
* النّشاط الإشعاعيّ الطّبيعيّ.
* طاقة ارتباط النّواة.
* عمر النّصف لمادّة مشعّة.
* تفاعل نووي.
* تفاعل تطافر.
* تفاعل التقاط.
* اندماج نوويّ.
* انشطار نوويّ.



يَحدثُ داخلَ الشّمس تفاعلاتٌ نوويّةٌ يرافقها انطلاق طاقة هائلة، تشعّ الشّمس هذه الطّاقة على شكل أمواج كهرطيسيّة تترافق بتدفّق جُسيماتٍ تُسمّى الرّياحَ الشّمسيّةَ.

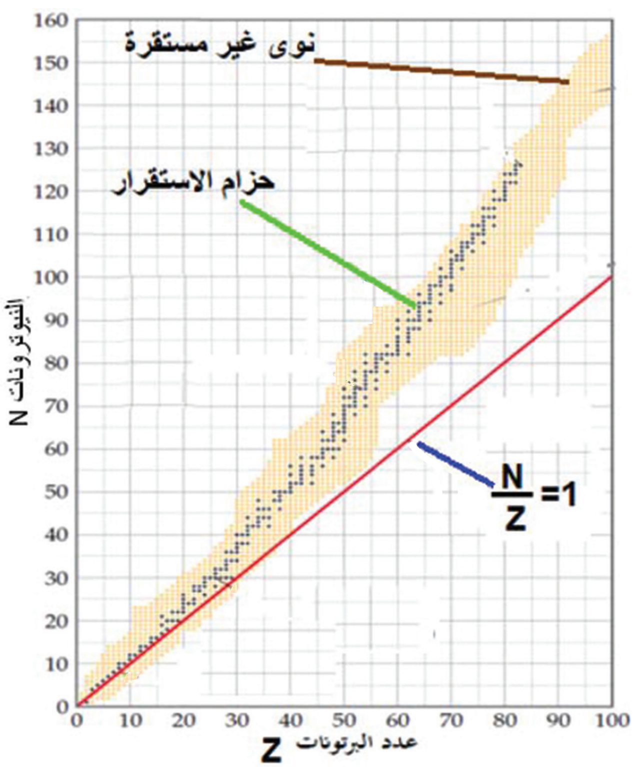
تركيب النّواة:

- تحتوي النّواة على بروتونات موجبة الشّحنة ونيوترونات معتدلة الشّحنة، موجودة في حيّز صغير جدّاً.
- العدد الذّرّيّ Z هو عدد البروتونات في النّواة، ويساوي عدد الإلكترونات في الذرّة.
- العدد الكتلي A هو مجموع عددي البروتونات والنّيوترونات N.
- يُرمز لنواة العنصر: $^{A}_{Z}X$.

الاستقرار النّوويّ:

نشاط (1):

ألاحظ الشّكل المجاور الذي يمثّل مواقع نوى نظائر طبيعيّة، حيث تقع النّوى المستقرّة ضمن منطقة تسمّى حزام الاستقرار، وغير المستقرّة تقع خارجه.



- أقارن النّسبة $\frac{N}{Z}$ للنّوى المستقرّة بالخط البيانيّ الذي يمثّل النّسبة $\frac{N}{Z}=1$.
- ما العلاقة بين النّسبة $\frac{N}{Z}$ للنّوى المستقرّة وغير المستقرّة، الّتي لها العدد الذّرّيّ نفسه؟

أستنتجُ:

- النّسبة $1 \simeq \frac{N}{Z}$ للعناصر المستقرّة ذات الأعداد الذّرّيّة الصّغيرة.
- النّسبة $1 < \frac{N}{Z}$ للعناصر المستقرّة ذات الأعداد الذّرّيّة الكبيرة.
- النّسبة $\frac{N}{Z}$ لنظير غير مستقرّ لا تساوي النّسبة $\frac{N}{Z}$ لنظير مستقرّ، وتتحوّل النّوى غير المستقرّة تلقائيّاً إلى نوى أكثر استقراراً من خلال عمليّة تُدعى النّشاط الإشعاعيّ.

إضاءة

رموز بعض الجسيمات النووية

الجسيم	رمزه
نيوترون	$^{1}_{0}n$
بروتون	$^{1}_{1}H$ أو $^{1}_{1}p$
جسيم بيتا	$^{0}_{-1}e$ أو $^{0}_{-1}\beta$
جسيم ألفا	$^{4}_{2}He$ أو $^{4}_{2}\alpha$
بوزيترون	$^{0}_{+1}e$ أو $^{0}_{+1}\beta$

أنواع التحوّلات النّوويّة (النّشاط الإشعاعيّ الطّبيعيّ):

تَحدث داخل النّواة غير المستقرّة تحوّلات نوويّة متحوّلة إلى نواة أُخرى أكثر استقراراً، يرافقها انطلاق جسيمات خارج النّواة، وانطلاق طاقة على شكل أمواج كهرطيسيّة.

- يتحقق دوماً أثناء التحوّلات النوويّة مصونية العدد الذرّي والعدد الكتلي.

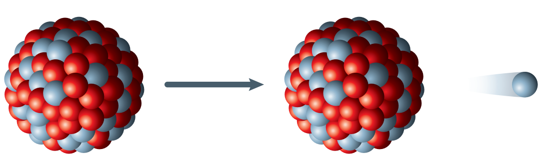
١. تحوّل من النّوع بيتا:

يَحدث في النّوى التي تقع فوق حزام الاستقرار نتيجة تحوّل نيوترون إلى بروتون وفق المعادلة الآتية:

$$^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{0}_{-1}e$$

يُعبَّر عن هذا النّوع من التّحوّل بالمعادلة النّوويّة العامّة الآتية:

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e + Energy$$



تطبيق (1):

تتحوّل نواة الثّوريوم $^{231}_{90}Th$ إلى نواة البروتكتينيوم $^{231}_{91}Pa$ تلقائياً، أكتب المعادلة النّوويّة المعبّرة عن هذا التحوّل محدّداً نوعه.

$$^{231}_{90}Th \longrightarrow {}^{231}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e + Energy$$

- التّحوّل من نوع بيتا.

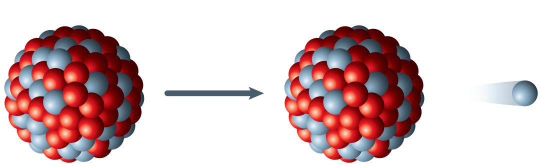
٢. تحوّل من النّوع بوزيترون:

يحدث في النّوى التي تقع تحت حزام الاستقرار نتيجة تحوّل بروتون إلى نيوترون وفق المعادلة الآتية:

$$^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e$$

يعبّر عن هذا النّوع من التّحوّل بالمعادلة النّوويّة العامّة الآتية:

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e + Energy$$



تطبيق (2):

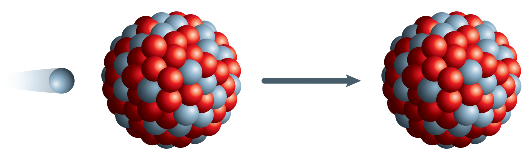
تتحوّل نواة الكربون المشعّ $^{11}_{6}C$ إلى نواة البور المستقرّ بإطلاقها بوزيترون، أكتب المعادلة النّوويّة المعبّرة عن هذا التّحوّل.

$$^{11}_{6}C \longrightarrow {}^{11}_{5}B + {}^{0}_{+1}e + Energy$$

٣. الأسر الإلكتروني:

يَحدث في النّوى الّتي تقع تحت حزام الاستقرار، ولا تملك طاقة كافية لإطلاق بوزيترون، حيث تَلتقط النّواة إلكتروناً من السّحابة الإلكترونيّة المحيطة بها ليرتبط ببروتون فيشكّل نيوترون وفق المعادلة الآتية:

$$^{1}_{1}H + {}^{0}_{-1}e \longrightarrow {}^{1}_{0}n$$



يعبّر عن هذا النّوع من التّحوّل بالمعادلة النّوويّة العامّة الآتية:

$$^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + Energy$$

تطبيق (3):

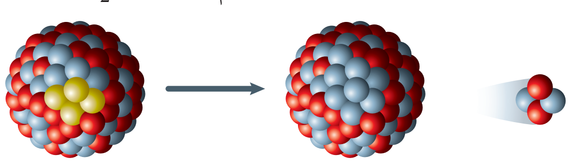
تتحوّل نواة الروبيديوم Rb إلى نواة الكربتون $^{81}_{36}Kr$ عندما تأسر أحد إلكترونات السّحابة الإلكترونيّة المحيطة بها، أكتب المعادلة النّوويّة المعبّرة عن التحوّل.

$$^{81}_{37}Rb + {}^{0}_{-1}e \longrightarrow {}^{81}_{36}Kr + Energy$$

٤. التّحوّل من النّوع ألفا:

يمكن أن يحدث في النّوى الّتي يزيد عددها الذّرّيّ عن 83، حيث تُطلِق النّواة جسيم ألفا $^{4}_{2}He$، ويُعبَّر عن هذا النّوع من التّحوّل بالمعادلة النّوويّة العامّة الآتية:

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He + Energy$$



تطبيق (4):

تتحوّل نواة الرّاديوم $^{226}_{88}Ra$ إلى نواة الرّادون Rn بإطلاقها جسيم ألفا، أكتب المعادلة النّوويّة المعبّرة عن التّحوّل.

$$^{226}_{88}Ra \longrightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He + Energy$$

نشاط (2):

أكمل التحولات النّوويّة الآتية، ثمّ حدّد نوع كلّ منها:

$$^{\square}_{92}U \longrightarrow {}^{231}_{\square}Th + {}^{4}_{\square}He + ...$$

$$^{90}_{38}Sr \longrightarrow {}^{90}_{39}Y + ... + Energy$$

$$^{\square}_{\square}Ru \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{92}_{43}Tc + ...$$

$$^{212}_{\square}Po \longrightarrow {}^{\square}_{82}Pb + {}^{4}_{\square}He + ...$$

إثراء:

أثبتت الدّراسات الحديثة الّتي قام بها العالم موري جيلمان أنّ البروتونات والنيوترونات يتكوّن كلّ منها من جسيمات متناهية في الصّغَر تُسمّى كواركات، ولها ستّة أنواع أهمّها (up , down) حيث أنّ:

شحنة $up = +\frac{2}{3}$ ، وشحنة $down = -\frac{1}{3}$

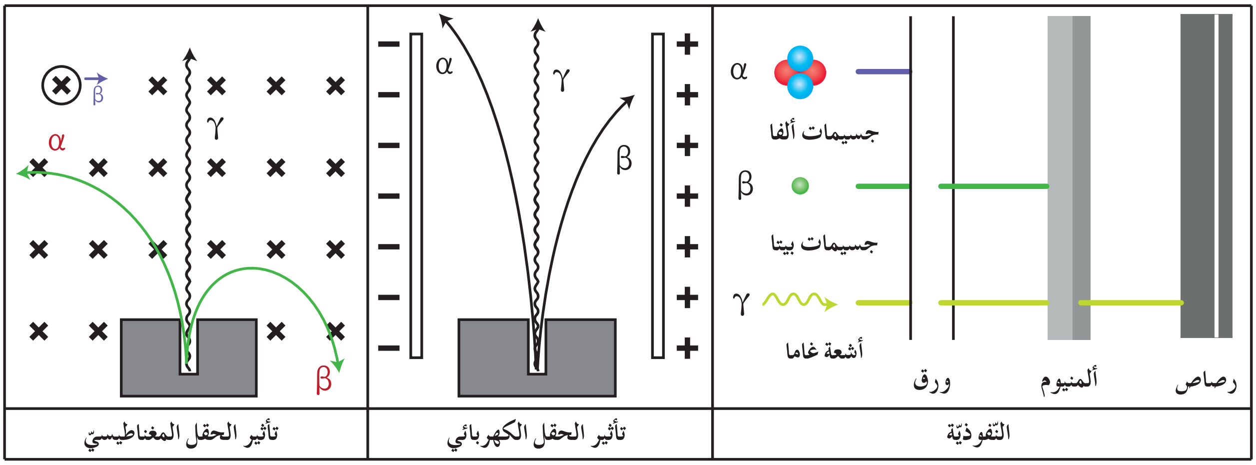
يتألّف البروتون من ثلاث كواركات $2up + 1down$

والنّيوترون من ثلاث كواركات $1up + 2down$



خاصّيّات جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعّة غاما :

ألاحظ الصّور الآتية، وأستنتج منها بعض خاصّيّات جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعّة غاما.



	جسيمات ألفا (α)	جسيمات بيتا (β)	أشعة غاما (γ)
الطّبيعة	تطابق نواة الهليوم $^{4}_{2}He$	إلكترونات عالية السّرعة.	أمواج كهرطيسيّة طاقتها عالية جداً.
الشّحنة	تحمل شحنتين موجبتين.	تحمل شحنة سالبة.	لا تحمل شحنة كهربائيّة.
الكتلة	كتلتها تساوي أربعة أضعاف كتلة الهدروجين العادي.	كتلتها تساوي كتلة الإلكترون.	ليس لها كتلة سكونيّة.

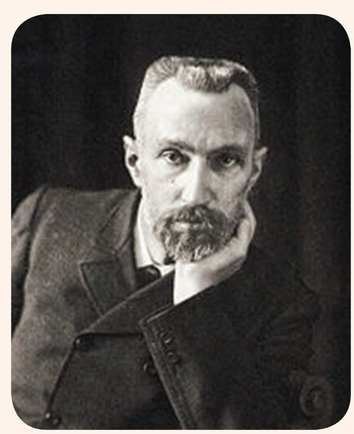
تأيين الغازات	تأيّن الغازات التي تمر من خلالها.	أقلّ قدرة على تأيين الغازات من جسيمات ألفا.	أقلّ قدرة على تأيين الغازات من جسيمات بيتا.
النّفوذيّة	نفوذيتها ضعيفة.	نفوذيتها أكبر من نفوذية جسيمات ألفا.	نفوذيتها أكبر من نفوذية جسيمات بيتا
السرعة بالنسبة لسرعة الضوء	$0.05\ c$	$0.9\ c$	تساوي سرعة الضّوء c
التأثّر بالحقل الكهربائيّ	تنحرف نحو اللبوس السالب لمكثفة مشحونة.	تنحرف نحو اللبوس الموجب لمكثفة مشحونة.	لا تتأثّر.
التأثّر بالحقل المغناطيسيّ	تنحرف بتأثير قوة لورنز.	تنحرف بتأثير قوة لورنز بجهة معاكسة لجهة انحراف جسيمات ألفا.	لا تتأثّر.

نشاط (3):

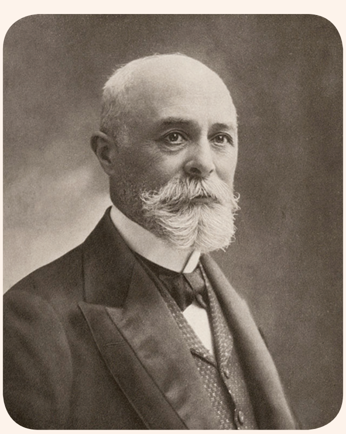
قارن بين جسيم بيتا والبوزيترون من حيثُ (موقع النّواة التي تطلق كلّ منهما بالنّسبة لحزام الاستقرار، التأثّر بالحقل الكهربائيّ)

إثراء:

لاحظ العالم الفرنسيّ بيكريل انبعاثَ أشعّة غيرِ مرئيّة من خام اليورانيوم أثّرت على فيلم فوتوغرافيّ، أدّت دراسة هذه الخاصّيّة من قبلِ بيكريل والزّوجين بيير وماري كوري لاكتشاف النّشاط الإشعاعيّ.


بيير كوري


ماري كوري

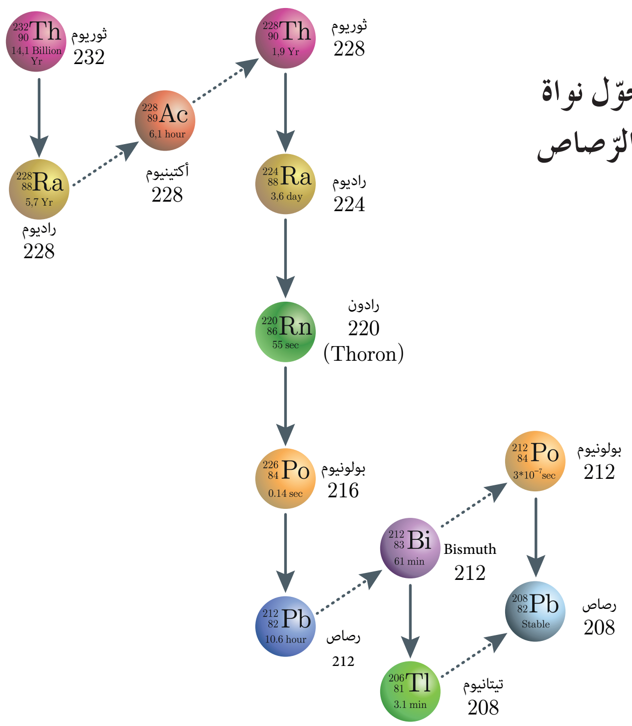

هنري بيكرل

سلاسل النَّشاط الإشعاعيّ:

نشاط (4):

ألاحظ الشّكل الآتي الذي يبيّن مراحل تحوّل نواة الثّوريوم $^{232}_{90}Th$ غير المستقرّة إلى نواة الرّصاص $^{208}_{82}Pb$ المستقرّة.

سلسلة الثوريوم



أستنتجُ:

تتحوّل النّواة المشعّة وفق عدّة تحوّلات نوويّة متسلسلة لتصل إلى نواة مستقرّة تُدعى سلسلة نشاط إشعاعيّ.

إثراء:

يوجد ثلاث سلاسل للنّشاط الإشعاعيّ الطّبيعيّ:

1. السّلسلة الأولى: تبدأ باليورانيوم $^{238}_{92}U$ وتنتهي بالرّصاص $^{206}_{82}Pb$
2. السّلسلة الثّانية: تبدأ بالثّوريوم $^{232}_{90}Th$ وتنتهي بالرّصاص $^{208}_{82}Pb$
3. السّلسلة الثّالثة: تبدأ باليورانيوم $^{235}_{92}U$ وتنتهي بالرّصاص $^{207}_{82}Pb$.

تطبيق (5):

تتحوّل نواة اليورانيوم المشعّ $^{238}_{92}U$ إلى نواة الرّصاص المستقرّ $^{206}_{82}Pb$ وفق سلسلة نشاط إشعاعيّ الممثل بالمعادلة الآتية: $^{238}_{92}U \longrightarrow x\,^{4}_{2}He + y\,^{0}_{-1}e + ^{206}_{82}Pb + Energy$ والمطلوب حساب:

1. عدد التّحوّلات من النّوع ألفا x.
2. عدد التّحوّلات من النّوع بيتا y.
3. أكتب المعادلة النّوويّة الكلّيّة.

الحل:

1. $238 = 4x + y(0) + 206 \Longrightarrow x = 8$
2. $92 = 2x - y + 82 \Longrightarrow y = 2(8) + 82 - 92 = 6$
3. $^{238}_{92}U \longrightarrow 8\,^{4}_{2}He + 6\,^{0}_{-1}e + ^{206}_{82}Pb + Energy$

نشاط (5):

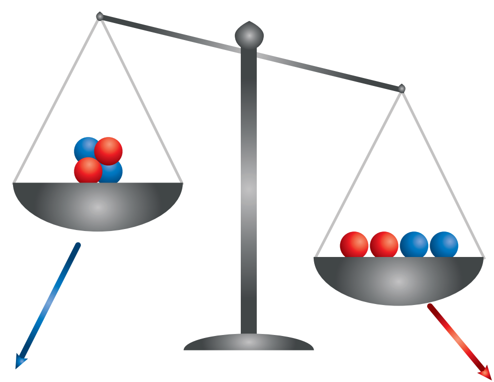
يتحوّل اليورانيوم المشعّ $^{235}_{92}U$ إلى الرّصاص المستقرّ $^{207}_{82}Pb$ ، المطلوب:

1. احسب عدد التّحوّلات من النّمط ألفا، والتّحولات من النّمط بيتا التي يقوم بها اليورانيوم حتّى يستقرّ.
2. أكتب المعادلة النّوويّة الكلّيّة.

طاقة الارتباط:

نشاط (6):

أقارن بين كتلة نواة الهليوم ومجموع كتل مكوّناتها وهي حرّة، وأفسّر ذلك؟



كتلة نواة الهليوم	كتلة مكونات (نكليونات) نواة الهليوم وهي حُرّة
$m_2 = 6.4024 \times 10^{-27}$ kg	كتلة البروتونات $= 2 \times 1.6726 \times 10^{-27}$ kg كتلة النيوترونات $= 2 \times 1.6749 \times 10^{-27}$ kg
	الكتلة الكلية للنكليونات $m_1 = 6.695 \times 10^{-27}$ kg

كتلة النّواة أصغر من مجموع كتل مكوّناتها وهي حرّة بسبب تحوّل النّقص في الكتلة إلى طاقة منتشرة تُعطى بعلاقة إينشتاين: $\Delta E = \Delta m\, c^2$.

تطبيق (6):

اعتماداً على النشاط (6):

1. أحسب الطّاقة المنتشرة في أثناء تشكّل نواة الهليوم $^{4}_{2}He$.
2. أستنتج قيمة طاقة الارتباط لنواة الهليوم؟

الحل:

1. مجموع كتل مكوّنات النّواة $m_1 = (2 \times 1.6726 \times 10^{-27}) + (2 \times 1.6749 \times 10^{-27}) = 6.695 \times 10^{-27}$kg

أحسب قيمة نقصان الكتلة Δm

$$\Delta m = m_2 - m_1$$
$$\Delta m = 6.4024 \times 10^{-27} - 6.695 \times 10^{-27} = -0.2926 \times 10^{-27}\ \text{kg}$$
$$\Delta E = \Delta m\, c^2$$
$$\Delta E = -0.2926 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^{8})^2 = -2.6334 \times 10^{-11}\ \text{J}$$

2. طاقة ارتباط النّواة تساوي بالقيمة وتعاكس بإشارة الطّاقة المنتشرة:

$$\Delta E = +2.6334 \times 10^{-11}\ \text{J}$$

نتيجة:

- عند فصل النّواة إلى مكوّناتها الأساسيّة من بروتونات ونيوترونات يجب تقديم طاقة مساوية للطّاقة المنتشرة في أثناء تشكّلها، تسمّى طاقة ارتباط النّواة وهي مقدار موجب.
- يتحوّل النّقص في الكتلة إلى طاقة منتشرة تُعطى بعلاقة إينشتاين: $\Delta E = \Delta m\, c^2$.

حيث ΔE الطّاقة وواحدتها J

Δm النقص في الكتلة واحدتها kg

c سرعة انتشار الضّوء في الخلاء وتُقدّر m.s^{-1}

نشاط (7):

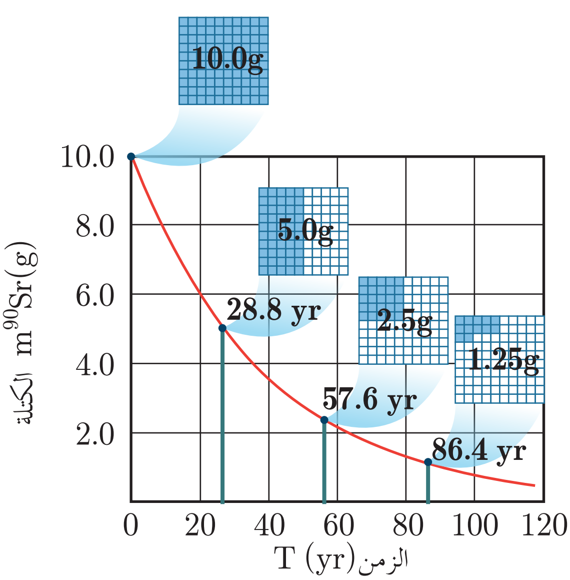
تشعّ الشّمس طاقة مقدارها J $38 \times 10^{+27}$ في كلّ ثانية، احسب مقدار النّقص في كتلة الشّمس خلال ثلاث دقائق علماً أنّ $c = 3 \times 10^{8}\ \text{m.s}^{-1}$.

عمر النّصف المادّة المشعّة:

نشاط (8):

يبيّن المخطّط الآتي تحوّل 10g من نظير السترونسيوم ^{90}Sr بدلالة الزّمن وفق نشاط إشعاعيّ، المطلوب:

1. **حدّد الكتلة المتبقّية بعد 28.8 سنة.**
2. **حدّد الكتلة المتبقّية بعد 57.6 سنة.**
3. **حدّد الكتلة المتبقّية بعد 86.4 سنة.**



الحل:

1. يتحوّل 5g من العيّنة أي نصف كتلتها خلال 28.8 سنة.
2. يتحوّل 7.5g من العيّنة خلال 57.6 سنة.
3. يتحوّل 8.75g من العيّنة خلال 86.4 سنة.

أستنتج:

- تتحوّل نصف عدد نوى النّظير المشعّ وفق نشاط إشعاعيّ محدّد إلى نوى عنصر آخر خلال أزمنة متساوية تُدعى عمر النّصف للمادّة المشعّة.

$$N \xrightarrow{t_{1/2}} \frac{N}{2} \xrightarrow{t_{1/2}} \frac{N}{4} \xrightarrow{t_{1/2}} \frac{N}{8} \xrightarrow{t_{1/2}} \ldots\ldots\ldots$$

حيث (N) يمثّل العدد الكلّيّ للنّوى.

يُحسب عمر النّصف للمادّة المشعّة من العلاقة : $t_{1/2} = \frac{t}{n}$ حيث t الزّمن الكلّي، n عدد مرّات التّكرار

- يتعلّق عمر النّصف بنوع المادّة المشعّة.
- لا يتعلّق عمر النّصف بالحالة الفيزيائيّة أو الكيميائيّة أو الضّغط أو الحرارة.

إثراء:

يبيّن الجدول الآتي عمر النّصف لبعض النّوى المشعّة.

النّظير	عمر النّصف (سنة)	نوع التّحوّل
اليورانيوم 238	4.5×10^{9}	ألفا
اليورانيوم 235	7.0×10^{8}	ألفا
الثّوريوم 232	1.4×10^{10}	ألفا
البوتاسيوم 40	1.3×10^{9}	بيتا
الكربون 14	5700	بيتا

تطبيق (7):

إذا علمت أنّ عمر النّصف لعنصر مشع 3years أحسب الزّمن اللّازم كي يصبح النّشاط الإشعاعيّ $\frac{1}{8}$ ما كان عليه .

$$t = t_{\frac{1}{2}} \times n$$

$$N \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{N}{2} \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{N}{4} \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{N}{8} \Longrightarrow n = 3 \Longrightarrow t = 3 \times 3 = 9\text{years}$$

تطبيق (8):

يبلغ عدد النّوى في عنصر مشعّ 16×10^{5} وبعد زمن 150 s يصبح العدد 200000 نواة. المطلوب: أحسب $t_{\frac{1}{2}}$.

$$t = t_{\frac{1}{2}} \times n$$

$$16 \times 10^{5} \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} 8 \times 10^{5} \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} 4 \times 10^{5} \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} 2 \times 10^{5} \Longrightarrow n = 3 \Longrightarrow t_{\frac{1}{2}} = \frac{150}{3} = 50\text{s}$$

التّفاعلات النّوويّة:

١. تفاعلات الالتقاط:

تحدث عندما تلتقط النّواة القذيفة التي قذفت بها دون أن تنقسم.

تطبيق (9):

عند قذف نواة الذّهب النّظير غير المشعّ $^{197}_{79}Au$ بنيوترون تتحوّل إلى نواة الذّهب النّظير المشعّ أكتب المعادلة النّوويّة المعبّرة:

$$^{1}_{0}n + ^{197}_{79}Au \longrightarrow ^{198}_{79}Au + Energy$$

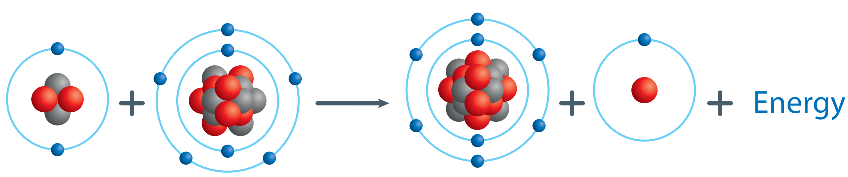
٢. تفاعلات التّطافر:

تحدث عندما تتحوّل النّواة المقذوفة بجُسيم إلى عنصر جديد مُطلقة جُسيم آخر.

تطبيق (10):

عند قذف نواة النّتروجين بجسيم ألفا تتحوّل إلى نواة الأكسجين مطلقة بروتون، اكتب المعادلة النّوويّة المعبّرة:

$$^{4}_{2}He + ^{14}_{7}N \longrightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H + Energy$$



نشاط (9):

عند قذف نواة الزّئبق $^{200}_{80}Hg$ ببروتون تتحوّل إلى نواة الذّهب مطلقة جسيم ألفا، اكتب المعادلة النّوويّة المعبّرة عن التّفاعل النّووي الحاصل، ثمّ حدّد نوعه.

٣. تفاعلات الانشطار النّوويّ:

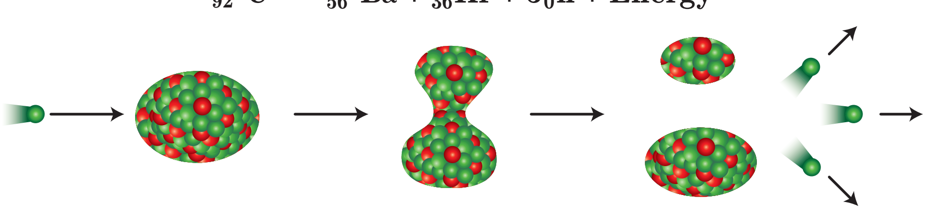
نشاط (10):

عند قذف نواة اليورانيوم النّظير $^{235}_{92}U$ بنيوترون بطيء تلتقط النّواة النّيوترون وفق المعادلة:

$$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \longrightarrow ^{236}_{92}U + Energy$$

تنشطر نواة اليورانيوم $^{236}_{92}U$ إلى نواتين متوسّطتي الكتلة، وينطلق نيوترونات سريعة وفق المعادلة النّوويّة.

$$^{236}_{92}U \longrightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n + Energy$$



إضاءة

يرافق تفاعل الانشطار انطلاق نيوترونات سريعة، إذا أمكن إبطاؤها يمكن لكلّ نيوترون أن يشطر نواة جديدة من $^{235}_{92}U$ بعد التقاطه ممّا يؤدّي إلى حدوث تفاعل متسلسل.

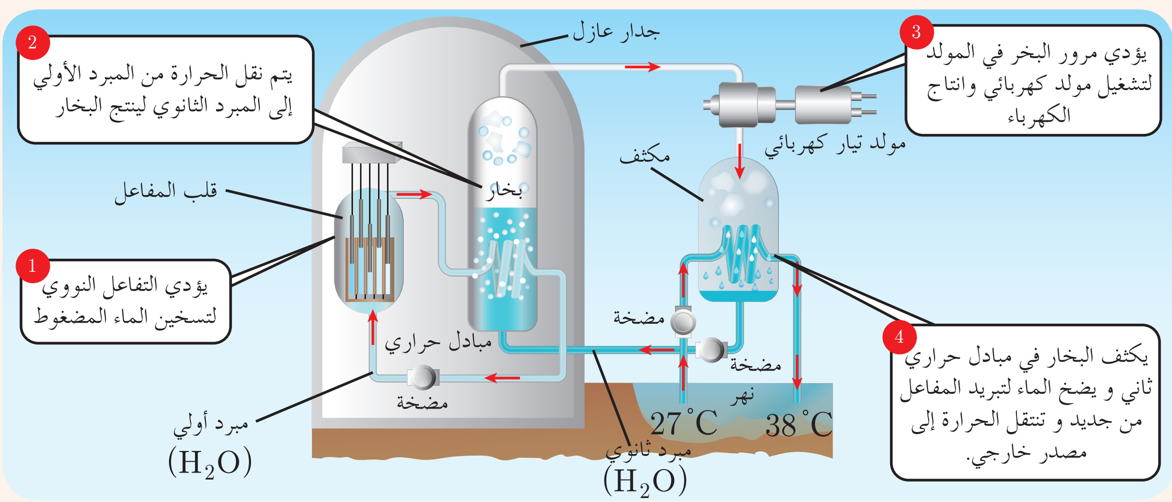
نشاط (11):

أكمل التّفاعل النّوويّ الآتي ثمّ حدّد نوعه:

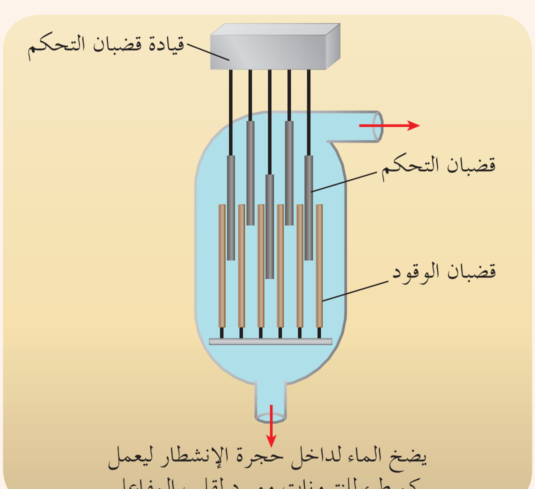
$$^{236}_{92}\mathbf{U} \longrightarrow {}^{\square}_{52}\mathbf{Te} + {}^{97}_{\square}\mathbf{Zr} + 2\,{}^{\square}_{\square}\mathbf{n} + \cdots\cdots\cdots$$

إثراء:

يُستفاد من المفاعل النّوويّ في الحصول على الطّاقة النّوويّة التي تستثمر في مجالات مختلفة. يمثّل الشّكل مخطّطاً لمفاعل نوويّ.



تُستخدم قضبان تحتوي على أكسيد اليورانيوم 235 كوقود في المفاعل النّوويّ، وبما أنّ نسبته طبيعيّاً لا تتجاوز 0.7% في عيّنة اليورانيوم الخام لذلك يتمّ زيادة نسبته عبر عمليّة تُدعى (تخصيب اليورانيوم) ليصبح نسبته $3\% - 5$، وهي نسبة كافية لتعمل المفاعلات النّوويّة التي تعتمد على الماء المضغوط لتوليد الكهرباء، ويتمّ زيادة النّسبة إلى أكثر من 20% في مفاعلات الأبحاث العلميّة وأكثر من 90% في اليورانيوم المستخدم للأسلحة النّوويّة والقنابل الانشطاريّة.



٤. تفاعلات الاندماج النّوويّة:

تندمج نواتان خفيفتان أو أكثر لتتشكّل نواة أثقل.

تطبيق (11):

تندمج نواتا نظيري الهدروجين الدّتيريوم $^{2}_{1}H$ والتريتيوم $^{3}_{1}H$ لينتج نواة الهليوم ونيوترون، أكتب المعادلة النّوويّة المعبّرة عن هذا التّفاعل:

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n + Energy$$

استنتج:

- **تعتمد هذه التّفاعلات على اندماج النّوى الخفيفة لتكوين نواة أثقل ، تكون كتلتها أصغر من مجموع كتل النّوى المندمجة، وهذا النّقص في الكتلة يتحوّل إلى طاقة.**

إضاءة

تحدث تفاعلات اندماج نوويّ في النّجوم، وتُنتِج مقدار هائل من الطّاقة، وينتشر ضوؤها إلى مليارات الكيلومترات.

نشاط (12):

أكمل التّفاعل النّوويّ الآتي، ثمّ حدّد نوعه:

$$4\,^{1}_{\square}H \longrightarrow ^{\square}_{2}He + 2\,^{\square}_{\square}e + \cdots\cdots\cdots$$

تعلّمت

- **أنواع التحوّلات النّوويّة (النّشاط الإشعاعيّ الطّبيعيّ):**
  1. تحوّل من النّوع بيتا.
  2. تحوّل من النّوع بوزيترون.
  3. الأسر الإلكترونيّ.
  4. التّحوّل من النّوع ألفا.
- تتحوّل نصف عدد نوى النّظير المشعّ وفق نشاط إشعاعيّ محدّد إلى نوى عنصر آخر خلال أزمنة متساوية تُدعى عمر النّصف للمادّة المشعّة.
- **التّفاعلات النّوويّة:**
  1. تفاعلات الالتقاط.
  2. تفاعلات التّطافر.
  3. تفاعلات الانشطار النّوويّ.
  4. تفاعلات الاندماج النّوويّة.

أختبر نفسي

أولاً: اختر الإجابة الصّحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. يتوقّف عمر النّصف للعنصر المشعّ على:
   a. كتلة العنصر المشعّ.
   b. الرّوابط الكيميائيّة للعنصر المشعّ.
   c. درجة حرارة العنصر المشعّ.
   d. نوع العنصر المشعّ.

2. تحدث في الشّمس تفاعلات نوويّة من نوع:
   a. انشطار. b. اندماج. c. التقاط. d. تطافر.

3. من خاصّيّات أشعّة غاما:
   a. تتأثّر بالحقل الكهربائيّ.
   b. تتأثّر بالحقل المغناطيسيّ.
   c. تنتشر بسرعة الضّوء.
   d. نفوذيّتها أقلّ من جُسيمات بيتا.

4. تتفكّك نواة الثّوريوم $^{228}_{90}Th$ بإطلاقها لجسيمات ألفا متحوّلةً إلى نواة البولونيوم $^{216}_{84}Po$ ، فإنّ عدد جسيمات ألفا المنطلقة خلال هذا التحوّل يساوي:
   a. 2 b. 3 c. 4 d. 5

5. تتحوّل نواة الكربون $^{14}_{6}C$ إلى نواة النّتروجين $^{14}_{7}N$ ، وتطلق عندئذٍ:
   a. نيوترون b. بوزيترون c. جسيم بيتا d. جسيم ألفا

6. عند تحوّل نواة النّتروجين $^{14}_{7}N$ إلى نواة الكربون المشعّ $^{14}_{6}C$ ، فإنّها:
   a. تلتقط نيوترون وتطلق ألفا
   b. تلتقط بروتون وتطلق نيوترون
   c. تلتقط بوزيترون وتطلق نيوترون
   d. تلتقط نيوترون وتطلق بروتون.

7. يبلغ عمر النّصف لمادّة مشعّة $t_{\frac{1}{2}} = 24\,days$ وكتلتها 1kg، تكون نسبة ما تبقّى منها بعد 72 days مساويةً:
   a. $\frac{1}{8}$ b. $\frac{1}{4}$ c. $\frac{1}{18}$ d. $\frac{7}{8}$

8. يبلغ عدد النّوى في عيّنة مشعّة 8×10^{20}، وبعد زمن قدره 120s يصبح عدد النّوى 10^{20}، فيكون عمر النّصف لهذه المادّة مساوياً:
   a. 20 s b. 30 s c. 40 s d. 60 s

9. تطلق نواة عنصر مشعّ $^{A}_{Z}X$ جسيم ألفا ثمّ تطلق النّواة النّاتجة جسيم بيتا، فتنتج نواة:
   a. $^{A-4}_{Z-3}y$ b. $^{A-4}_{Z-2}y$ c. $^{A-4}_{Z+3}y$ d. $^{A-4}_{Z-1}y$

10. نواة عنصر غير مستقرّة تقع فوق حزام الاستقرار، للعودة إلى حزام الاستقرار، فإنّها تُطلق جسيم:
   a. $^{0}_{-1}e$ b. $^{0}_{+1}e$ c. $^{1}_{0}n$ d. $^{1}_{1}H$

ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلّ ممّا يأتي:

1. يُعدّ النيوترون أفضل قذيفة نوويّة.
2. كتلة النّواة أصغر من مجموع كتل مكوّناتها وهي حرّة.
3. إطلاق النّواة للبوزيترون.

4. يرافق تفاعل الاندماج النّووي انطلاق طاقة هائلة.
5. إطلاق النّواة للإلكترونات المؤلفة لجسيمات بيتا.
6. عدم تأثّر أشعّة غاما بالحقل الكهربائيّ.
7. تأثّر كلّ من جسيمات ألفا وجسيمات بيتا بالحقل الكهربائيّ.

ثالثاً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. احسب عدد التّحوّلات من النّمط ألفا، وعدد التّحولات من النّمط بيتا عند تحوّل نظير الثّوريوم $^{232}_{90}Th$ المشعّ إلى نظير الرّصاص غير المشعّ $^{208}_{82}Pb$ ، ثمّ اكتب المعادلة النّووية الكليّة.
2. قارن بين جسميات ألفا وبيتا من حيثُ (النّفوذيّة، الشّحنة، السّرعة)
3. أكمل كلّ من التفّاعلات النّووية الآتية، ثمّ حدّد نوع كلّ منها.

$$^{\square}_{29}Cu + ^{\square}_{\square}n \longrightarrow ^{64}_{\square}Cu + \cdots\cdots\cdots$$

$$^{\square}_{5}B + ^{\square}_{\square}n \longrightarrow ^{7}_{\square}Li + ^{4}_{\square}He + \cdots\cdots\cdots$$

$$^{236}_{92}U \longrightarrow ^{\square}_{51}Sb + ^{101}_{\square}Nb + 3^{1}_{0}n + \cdots\cdots\cdots$$

4. أكمل كلّ من التحوالات النّووية الآتية:

$$^{212}_{83}Bi \longrightarrow ^{212}_{84}Po + \cdots\cdots\cdots + \cdots\cdots\cdots$$

$$^{40}_{19}K + \cdots\cdots\cdots \longrightarrow ^{40}_{18}Ar + \cdots\cdots\cdots$$

$$^{220}_{86}Rn \longrightarrow ^{216}_{84}Mo + \cdots\cdots\cdots + \cdots\cdots\cdots$$

5. تلتقط نواة عنصر الأرغون $^{37}_{18}Ar$ إلكتروناً من مدار داخليّ لها متحوّلة إلى نواة عنصر الكلور Cl. اكتب المعادلة المعبّرة عن هذا التحوّل النّوويّ.

رابعاً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

تتحوّل نواة اليود المشعّ $^{131}_{53}I$ إلى نواة الكزينون Xe مطلقةً جسيم بيتا، عند معالجة مرضى سرطان الغدّة الدّرقيّة بجرعة منه، فإذا كان عمر النّصف لليود المشعّ المُستخدَم $8\ days$. المطلوب:

1. اكتب المعادلة النّوويّة المعبّرة عن التّحول.
2. احسب النسبة المتبقّية من اليود المشعّ بعد $24\ days$.

المسألة الثّانية:

تنقص كتلة نواة الأكسجين $^{16}_{8}O$ عن مكوّناتها وهي حرّة بمقدار $\Delta m = -0.23 \times 10^{-27}\ kg$ ، المطلوب:
احسب طاقة الارتباط لهذه النّواة. (سرعة انتشار الضّوء في الخلاء $c = 3 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$)

المسألة الثّالثة:

احسب عمر النّصف لعنصر مشعّ في عيّنة منه، إذا علمت أنّ الزّمن الّلازم ليصبح عدد النّوى المشعّة في تلك العيّنة $\frac{1}{16}$ ممّا كان عليه يساوي 480 سنة.

المسألة الرّابعة:

احسب مقدار النّقص في كتلة الشّمس خلال $72\,\text{min}$ إذا كانت تُشعّ طاقة مقدارها: $38 \times 10^{+27}\ \text{J}$ في كلّ ثانية مع العلم أنّ سرعة انتشار الضّوء في الخلاء ($c = 3 \times 10^{8}\ \text{m.s}^{-1}$)

تفكير ناقد

تُستخدَم بعض النظائر المشعّة في علاج الأورام السرطانية، ما تفسيرك لذلك؟

أبحث أكثر

اليورانيوم الطبيعي يحتوي على نسبة 99.284% من ${}^{238}_{92}\text{U}$، ونسبة 0.711% من النظير ${}^{235}_{92}\text{U}$ الذي يستخدم كوقود في المفاعلات النووية حيث تتم زيادة نسبته بعملية تسمى تخصيب اليورانيوم، ابحث عن ذلك في مكتبة مدرستك أو في الشابكة.

مشروع الكيمياء النّوويّة

تزايد اهتمامَ العالم بالطّاقة النّوويّة نظراً لضخامة كميّة الطّاقة الناتجة عن التحوّلات النّوويّة من جهة، ولأهميتها في إنتاج النظائر المشّعة المستخدمة في مجالات عديدة منها الطبي والزراعي وفي تحديد عمر الأرض والمستحاثات من جهةٍ ثانية.

هدف المشروع:

التعرّف على دور النظائر المشعّة في المجالات الطبية، الزراعية وفي التأريخ.

مراحل المشروع:

أولاً: التخطيط:

1. التعّرف على التحوّلات النّوويّة والجسيمات والإشعاعات المرافقة لها.
2. التعّرف على أقسام المفاعل النووي وآلية عمله.
3. التعّرف على مخاطر الإشعاع النووي.
4. التعّرف على إجراءات السلامة للعاملين في المفاعل النووي.
5. التعّرف على دور النظائر المشّعة في المجالات الطبية، الزراعية وفي التأريخ.
6. التعّرف على إجراءات السلامة للعاملين والمرضى في مجال الطب النووي.
7. اقتراح طرائق لتحسين العمل بالمواد المشعة في المجال الطبي.

ثانياً: التنفيذ:

1. توزيع الطلاب إلى ست مجموعات.
2. تحديد مهمة كلّ مجموعة:
   المجموعة الأولى: تبحث في أنواع التحوّلات النّوويّة والجسيمات والإشعاعات المرافقة لها.
   المجموعة الثانية: تبحث في أقسام المفاعل النووي وآلية عمله.
   المجموعة الثالثة: تبحث في دور النظائر المشعة في تحديد عمر الأرض والمستحاثات.
   المجموعة الرابعة: تبحث في دور النظائر المشعة في المجال الزراعي.
   المجموعة الخامسة: تبحث في دور النظائر المشعة في المجال الطبي.
   المجموعة السادسة تبحث عن مخاطر الإشعاع النووي وطرائق الوقاية منه.
3. يتم جمع المعلومات من خلال مكتبة المدرسة أومن خلال رحلة إلكترونية عبر الشابكة.
4. تبادل المعلومات بين المجموعات، وتسليم نسخة ورقية أو إلكترونية حول البحث.

ثالثاً: التقويم:

مناقشة النتائج التي تم التوصل إليها، وإعداد تقرير كامل حول النظائر المشّعة ودورها في المجالات الطبية، الزراعية وفي التأريخ خلال مدة عشرين يوماً.

الوحدةُ الثّانية
الغازات



يُحيط بالكرة الأرضيّة خليطٌ من غازات تشكّل الغلاف الجويَّ، ويحتوي على 78.09% من غاز النيتروجين، و 20.95% أكسجين، و 0.93% آرغون، و 0.04% ثنائي أكسيد الكربون وبخار الماء، هدروجين، وهليوم، ونيون وكزينون.

الغازات

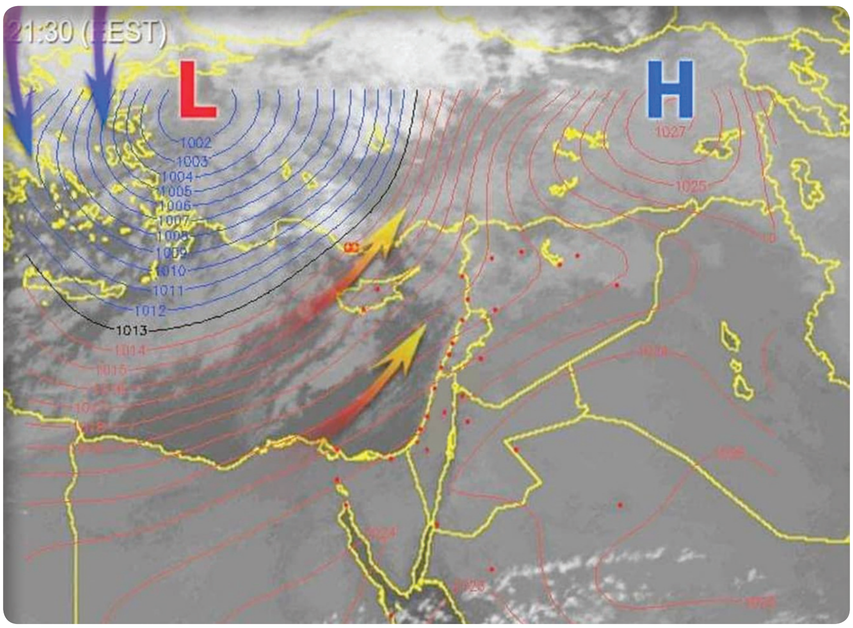
2-1

الأهداف:

* يتعرّف ضغط الغاز.
* يستنتج قانون بويل.
* يستنتج قانون شارل
* يستنتج قانون غاي لوساك
* يستنتج قانون أفوغادرو
* يتعرّف رسم الخطوط البيانيّة لكلّ قانون من قوانين الغازات.
* يتعرّف الغاز الحقيقيّ والغاز المثاليّ.
* يستنتج قانون كثافة الغاز.
* يستنتج عبارة الضّغط الكلّيّ لمزيج غازي بدلالة الكسر الموليّ
* يتعرّف قانون دالتون للضّغوط الجزئيّة.
* يتعرّف قانون غراهام في الانتشار والتّسرّب.
* يتعرّف النّظريّة الحركيّة للغازات.

الكلمات المفتاحية:

* ضغط الغاز
* الضّغط الجوي
* قانون بويل
* قانون شارل
* قانون غاي لوساك
* قانون أفوغادرو
* قانون دالتون
* الغاز الحقيقيّ
* الغاز المثالي

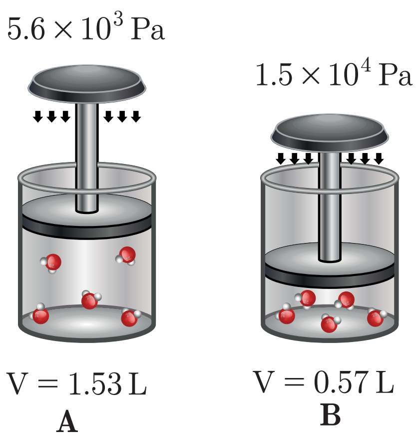


تُظْهِرُ الخرائط الجويّة اختلاف قيم الضّغط الجوّيّ تبعاً للمكان، من حيث ارتفاعه ودرجة الحرارة والشّروط المناخيّة.

قوانين الغاز:

أ. العلاقة بين حجم الغاز وضغطه (قانون بويل)

نشاط (1):



ألاحظ الشّكل الآتي الذي يمثّل مكبساً يحوي غاز SO_2 في حالتين A و B، عند درجة حرارة ثابتة.

1. أقارن بين الضّغط المطبق في كلّ من الحالتين، ماذا ألاحظ؟
2. أقارن بين حجم الغاز في كلّ من الحالتين، ماذا ألاحظ؟
3. أقارن بين عدد جزيئات غاز SO_2 في كلّ من الحالتين، ماذا ألاحظ؟

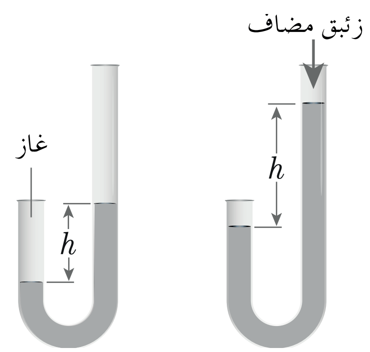
أستنتج:

- عندما يزداد الضّغط المطبّق على الغاز ينقص حجمه، ويكون الضّغط المطبق مساوياً لضغط الغاز.
- عدد مولات الغاز يبقى ثابتاً عند ضغطه.

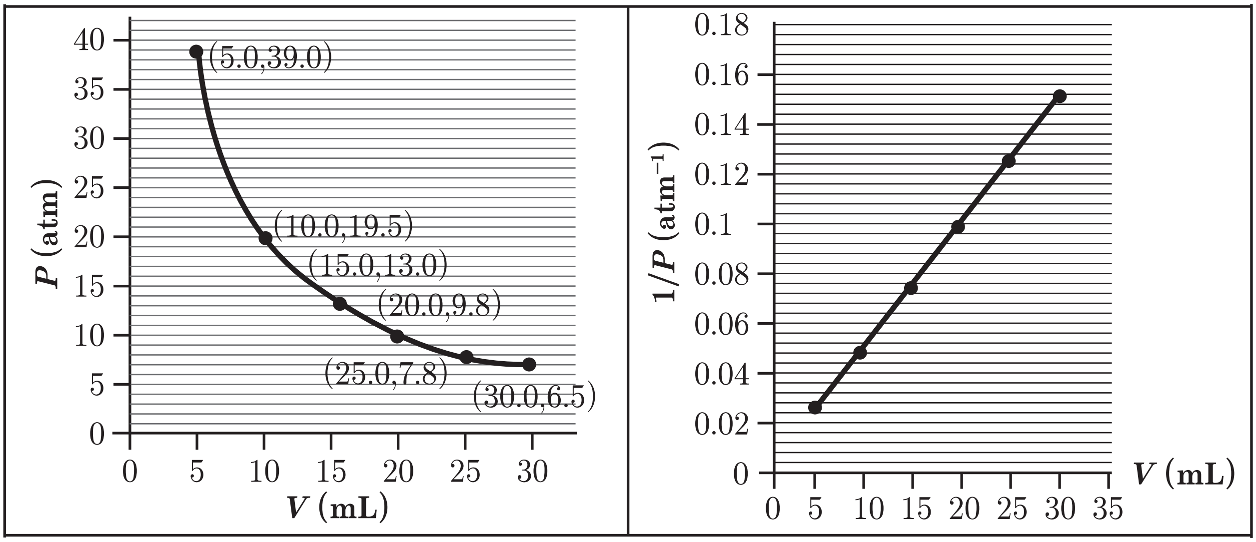
نشاط (2):

أجريت تجارب مخبريّة على عيّنة غازيّة، لإيجاد العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه عند درجة حرارة ثابتة، وكانت النّتائج كما في الجدول الآتي:

$P \times V$ (Pa × mL)	الضّغط P(Pa)	الحجم V(mL)
195	39.00	5
195	19.50	10
195	13.00	15
195	9.75	20
195	7.80	25
195	6.50	30



مُثّلت النّتائج السّابقة بالمنحنيين البيانيّين الآتيين:



نتيجة:

- جداء حجم عيّنة من غاز في ضغطه مقدار ثابت عند درجة حرارة ثابتة:

$$PV = \text{const.}$$

- يتناسب حجم عيّنة من غاز عند درجة حرارة ثابتة عكساً مع ضغط ذلك الغاز.

$$PV = P_1V_1 = P_2V_2 = \cdots\cdots = \text{const.}$$

تطبيق(1):

ينطلق غاز NO_2 من عوادم السّيارات ومصانع الأسمدة، ويساهم في تشكيل الأمطار الحامضيّة، لديناعيّنة من غاز NO_2 حجمها $1.5\,L$ عند الضّغط $5.6\times10^3\,Pa$. أحسب حجم الغاز عندما يصبح ضغطه $1.5\times10^4\,Pa$ بثبات درجة الحرارة.

الحل:

من خلال قانون بويل:

$$PV = P_1 \quad V_1 \quad = P_2 \quad V_2 \quad = \cdots\cdots = \text{const.}$$

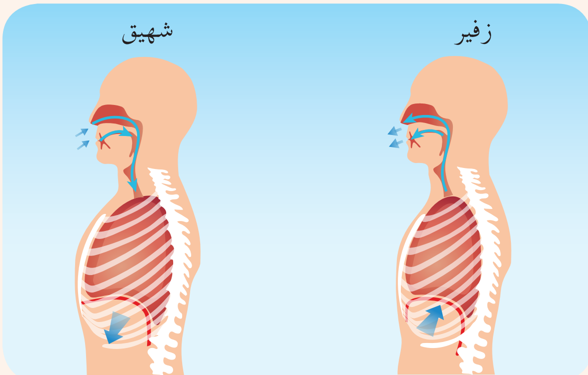
$$V_2 \quad = \frac{P_1 \; V_1}{P_2} = \frac{5.6\times10^{3}\times1.5}{1.5\times10^{4}} = 0.56\,L$$

نشاط (3):

يحوي مكبس غاز حجمه $1\,L$ عند الضغط النظامي، أحسب قيمة الضغط المطبّق عليه ليصبح حجمه $300\,mL$ مع بقاء درجة الحرارة ثابتة $175^\circ\,C$.

إثراء:

عندما ينقبض الحجاب الحاجز، يتوسّع جوف الصّدر، ممّا يجعل حجم الرّئة أكبر فينخفض الضّغط داخلها أثناء الشّهيق، وتنعكس العمليّة عند الزّفير.

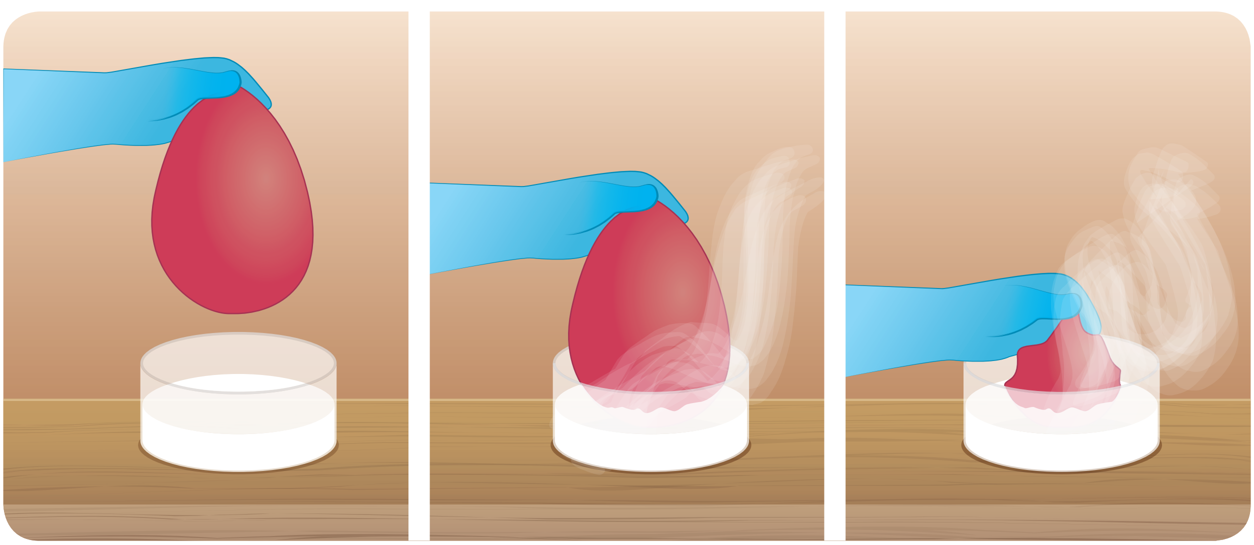


٢. العلاقة بين حجم الغاز ودرجة الحرارة (قانون شارل)

نشاط (4):

ألاحظ الصّور الآتية:

تمّ وضع البالون في الآزوت السّائل (درجة حرارته أقل من $-196^\circ C$):



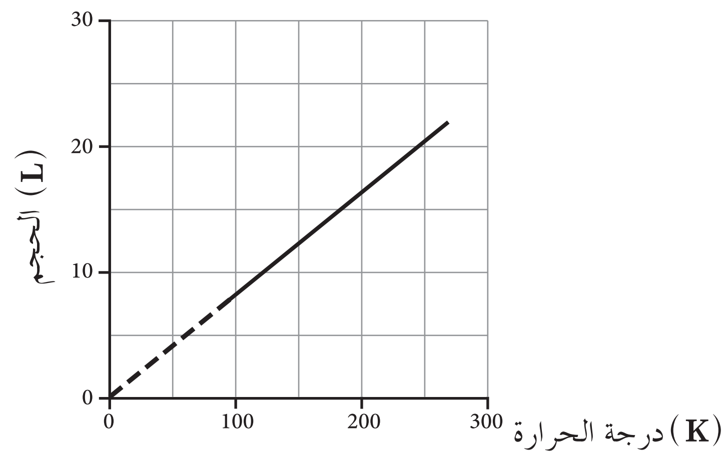
أستنتج: يتناقص حجم الهواء داخل البالون نتيجة انخفاض درجة الحرارة.

نشاط (5):

أُجريت تجارب مخبريّة على عيّنة غازيّة، لإيجاد العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ضغط ثابت، وكانت النّتائج كما في الجدول الآتي:

$V/T(L.K^{-1})$	$T(K)$ درجة الحرارة	$V(L)$ الحجم
0.081	270	22
0.081	259	21
0.081	220	18
0.081	111	9

أرسم الخطّ البيانيّ لتغيّر الحجم بدلالة درجة الحرارة مقدّرة بالكلفن، ماذا ألاحظ؟



نتيجة:

- نسبة حجم عيّنة من غاز إلى درجة حرارته مقدّرة بالكلفن ثابتة عند ضغط ثابت.

$$\frac{V}{T} = \text{const.}$$

- يتناسب حجم عيّنة من غاز طرداً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات ضغط الغاز.

$$\frac{V}{T} = \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \cdots\cdots = \text{const.}$$

تطبيق (2):

يبلغ حجم عيّنة غاز 2.58 L عند درجة الحرارة $15^\circ C$ وضّغط ثابت. أحسب الحجم الذي تشغله هذه العيّنة عند تسخينها إلى الدّرجة $38^\circ C$ وبقاء الضّغط ثابت.

الحل:

$T_2 = 38 + 273 = 311\,K$

$V_2 = ?$

$T_1 = 15 + 273 = 288\,K$

$V_1 = 2.58L$

$$V_2 = \frac{T_2}{T_1}V_1 = \frac{311}{288} \times 2.58 \approx 2.79\,L$$

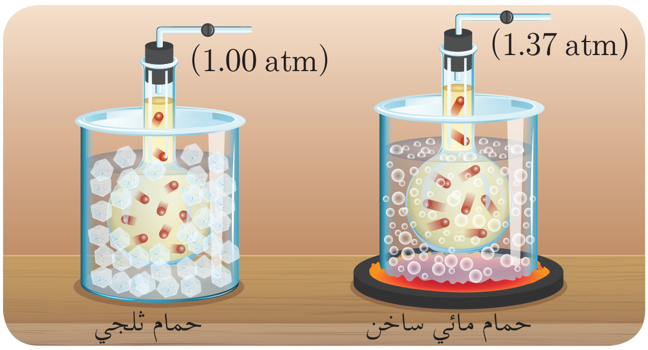
نشاط (6):

يبلغ حجم عيّنة من غاز النيون 0.3 L عند الدرجة 330 K وضغط ثابت، تُسخّن هذه العيّنة إلى الدرجة 550 K مع بقاء الضغط ذاته. احسب حجم هذه العيّنة عندئذٍ.

٣. العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة الحرارة (قانون غاي- لوساك)

نشاط (7):

ألاحظ الشّكلين الآتيين:



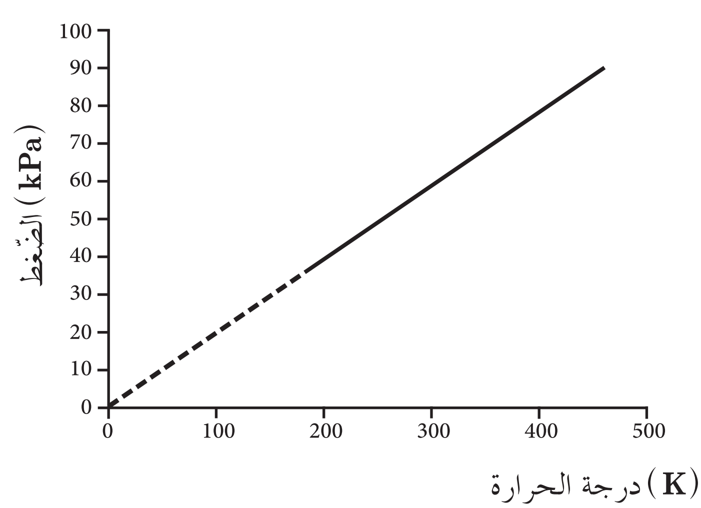
يزداد ضغط عيّنة من الغاز بزيادة درجة حرارتها عند حجم ثابت.

نشاط (8):

أجريت تجارب مخبريّة على عيّنة غازيّة، لإيجاد العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة حرارته عند حجم ثابت، وكانت النّتائج كما في الجدول الآتي:

$P/T\,(kPa.K^{-1})$	T (K) درجة الحرارة	P (kPa) الضّغط
0.208	173	36.0
0.208	223	46.4
0.208	273	56.8
0.208	323	67.2
0.208	373	77.6
0.208	423	88.0

أرسم الخطّ البيانيّ الموافق لتغيّر الضّغط بدلالة درجة الحرارة، ماذا ألاحظ؟



نتيجة:

- نسبة ضغط عيّنة من غاز إلى درجة حرارته مقدّرة بالكلفن ثابتة عند حجم ثابت.

$$\frac{P}{T} = \text{const.}$$

- يتناسب ضغط عيّنةٍ من غاز طرداً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات حجم الغاز.

$$\frac{P}{T} = \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \cdots\cdots = \text{const.}$$

تطبيق (3):

علبة معدنيّة تحوي غاز البوتان، ضغطُه 360 kPa عند درجة حرارة 27˚C، احسب قيمة الضّغط الجديد للغاز في العلبّة إذا تُركت في سيارة وارتفعت درجة حرارتها إلى 50˚C في يوم حارّ (بإهمال تمدّد العلبة).

الحل:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Longrightarrow \frac{360}{273+27} = \frac{P_2}{273+50} \Longrightarrow \frac{360}{300} = \frac{P_2}{323}$$

$$P_2 = 387.6\,\text{kPa}$$

إثراء:

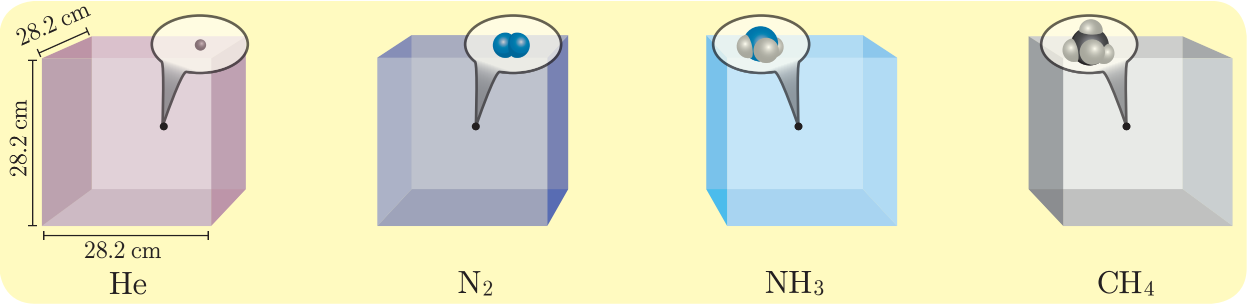
تُستخدَم طناجر الضّغط في الطّهي، لإنضاج الطّعام بسرعة. حيث يتبخّر الماء فيها نتيجة الحرارة ممّا يؤدّي لزيادة الضّغط، فترتفع درجة غليان الماء داخلها.



٤. العلاقة بين عدد مولات الغاز وحجمه (قانون أفوغادرو)

نشاط (9):

آخذ حجم ثابت 22.4 L من أربع أنواع مختلفة من الغازات في الشّروط النّظاميّة، أحسب عدد مولات كلّ غاز بالاعتماد على الجدول الآتي:



He	N_2	NH_3	CH_4	الغاز
4	28	17	16	$m(g)$
			16	$M(g.mol^{-1})$
				n mol

نتيجة:

- حجمُ مولٍ واحد من أيّ غاز في الشّرطين النّظاميّين (الضّغط 1atm، ودرجة الحرارة $0^\circ C$) يساوي 22.4 L.
- يشغل مولٌ واحد من أيّ غاز الحجمَ ذاته في الشّروط المتماثلة من الضّغط والحرارة، ويُدعى الحجم الموليّ V_{mol}.
- قانون أفوغادرو:

$$V = V_{mol} \times n$$

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} = \ldots\ldots = const.$$

تطبيق (4):

عيّنة من غاز الأكسجين O_2 حجمها 12.2 L وعدد مولاتها 0.50 mol عند الضّغط 1 atm ودرجة الحرارة $25^\circ C$. إذا تحوّل غاز الأكسجين O_2 إلى غاز الأوزون O_3 عند الضّغط ودرجة الحرارة ذاتها، المطلوب حساب:

1. **عدد مولات غاز الأوزون النّاتج.**
2. **حجم غاز الأوزون النّاتج.**

الحل:

$$3O_{2(g)} \longrightarrow 2O_{3(g)}$$

$$3\,mol \qquad 2\,mol$$

$$0.50\,mol \qquad n\,mol$$

1. عدد مولات غاز الأوزون

$$n_{O_3} = 0.50 \times \frac{2}{3} = 0.33\,mol$$

2. حجم غاز الأوزون النّاتج

$$n_1 = 0.50\,mol \qquad n_2 = 0.33\,mol$$

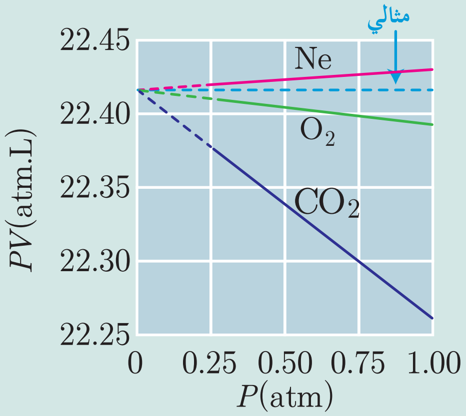
$$V_1 = 12.2\,L \qquad V_2 = ?$$

حسب قانون أفوغادرو:

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

$$V_2 = \frac{n_2}{n_1} V_1 = \frac{0.33}{0.50} \times 12.2 = 8.05\,L$$

إضاءة



الغاز المثاليّ هو غاز تتوافر فيه الشّروط الآتية:

- انعدام قوى التّجاذب بين جزيئاته.
- حجـم جزيئـات الغـاز مهملـة بالنسـبة لحجـم الوعـاء الّـذي يحويـه.
- التّصادمـات بيـن جزيئـات الغـاز تصادمـات مرنـة.
- تتحرّك جزيئات الغاز حركة عشوائيّة.

يُلاحَـظ مـن الشّـكل أنّ غـاز النيـون يسـلك سـلوك غـازٍ مثالـيّ، فـي حيـن يُعتبـر غـاز CO_2 يسـلك سـلوك غـاز حقيقـيّ.

٥. قانون الغازات العامّ:

ترتبط متحوّلات الغاز جميعُها بقانون يُدعى "قانون الغازات العامّ" أو "معادلة الغاز المثاليّ"

$$PV = nRT$$

R: ثابت الغازات العام

وفي عيّنة غازيّة يكون:

$$\Longrightarrow \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \dots\dots = \frac{PV}{T} = nR$$

تطبيق (5):

احسب قيمة R لمول واحد من غاز في الشّرطين النّظاميّين.

الحل:

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1 \times 22.4}{1 \times 273} = 0.082\ \text{L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

وفي جملة الواحدات الدوليّة

$$R = \frac{10^5 \times 22.4 \times 10^{-3}}{1 \times 273} = 8.314\ \text{m}^{+3}.\text{Pa.mol}^{-1}.\text{K}^{-1} = 8.314\ \text{J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

تطبيق (6):

أحسـب ضغـط عيّنـة مـن غـاز النتروجيـن عـدد جزيئاتهـا 3.011×10^{23} فـي حوجلـة حجمهـا $3\ \text{L}$ عنـد الدّرجـة 27°C.

مع العلم: $R = 8.314\ \text{Pa.m}^3.\text{mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ وعدد أفوغادرو 6.022×10^{23}

الحل:

حساب عدد مولات غاز النتروجين

$$n = \frac{3.011 \times 10^{23}}{6.022 \times 10^{23}} = 0.5\ \text{mol}$$

$$V = 3\ \text{L} = 3 \times 10^{-3}\ \text{m}^3$$

حساب ضغط الغاز

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{0.5 \times 8.314 \times 300}{3 \times 10^{-3}} = 415.7 \times 10^{+3}\ \text{Pa}$$

كثافة الغاز:

نشاط (10):

يرتفع المنطاد في الجوّ عند تسخين الهواء داخلَه، أستنتج القانون الّذي يعمل بموجبه المنطاد، وأفسّر ذلك.



الحل:

قانون الغازات العامّ: $PV = nRT$

$$\frac{n}{V} = \frac{P}{RT}$$

$$\frac{m}{MV} = \frac{P}{RT}$$

$$\frac{m}{V} = \frac{PM}{RT}$$

تعطى كثافة الغاز بالعلاقة: $d = \frac{m}{V}$

$$d = \frac{PM}{RT}$$

يؤدّي تسخين الهواء داخلَ المنطاد إلى نقصان كثافته لتصبح أقلّ من كثافة الهواء المحيط به، ممّا يؤدّي إلى ارتفاعه.

نتيجة:

- تعطى كثافة الغاز بالعلاقة $d = \frac{PM}{RT}$ ويقدر بـ $g.L^{-1}$
- تتناسب كثافة الغاز طرداً مع ضغطه وكتلته الموليّة، وعكساً مع درجة حرارته.

إثراء:

إنَّ أثقل عنصر غازي هو الرادون Rn، حيث تبلغ كتلته الموليّة $222\ g.mol^{-1}$، أمّا أثقل مركّب في الشّروط النّظاميّة، فهو سداسي فلوريد التنغستين WF_6، حيثُ تبلغ كتلته الموليّة $298\ g.mol^{-1}$.

تطبيق (7):

غاز كثافته $0.0847\ g.L^{-1}$ عند درجة الحرارة $17^{\circ}C$ والضّغط $1\ atm$. أحسب الكتلة الموليّة لهذا الغاز.
$(R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.L^{-1})$

الحل:

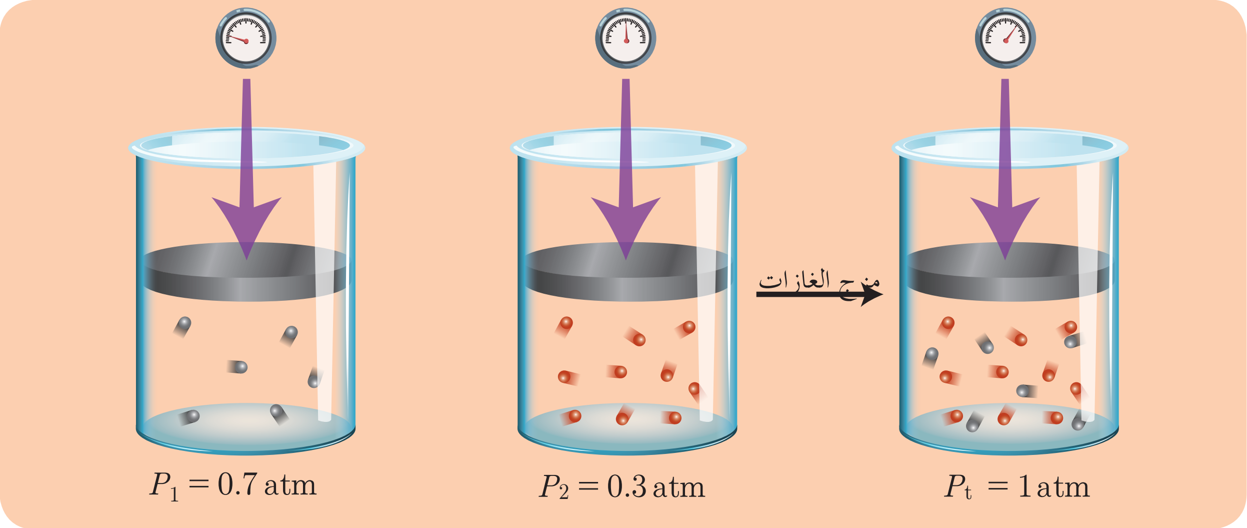
$$d = \frac{PM}{RT}$$
$$0.0847 = \frac{1 \times M}{0.082 \times 290}$$
$$M = 2.01\ g.mol^{-1}$$

نشاط (11):

غاز هدروكربوني كثافته $1.97\ g.L^{-1}$ في الشرطين النظاميين، احسب كتلته المولية.

قانون دالتون والضّغوط الجزئيّة:

ألاحظ الشّكل الآتي وأستنتج:



نتيجة:

- قانون دالتون: الضّغط الكليّ لمزيج غازي يساوي مجموع الضّغوط الجزئيّة للغازات المكوّنة له.
- يعبّر عنه بالعلاقة: $P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots\cdots$

نشاط (12):

أستنتج عبارة الضّغط الكلّيّ لمزيج مكوّنٍ من ثلاثة غازات مختلفة بثبات درجة الحرارة والحجم.

الحل:

أطبّق قانون دالتون $P_t = P_1 + P_2 + P_3$

يُعطى ضغط كلّ غاز وفق قانون الغازات العامّ:

$$P_1 = n_1 \frac{RT}{V}, \quad P_2 = n_2 \frac{RT}{V}, \quad P_3 = n_3 \frac{RT}{V}$$

$$P_t = n_1 \frac{RT}{V} + n_2 \frac{RT}{V} + n_3 \frac{RT}{V} + \cdots\cdots$$

$$P_t = (n_1 + n_2 + n_3 + \cdots)\frac{RT}{V} \Longrightarrow P_t = n_t \frac{RT}{V}$$

علاقة الضّغوط الجزئيّة بالكسور الموليّة:

نشاط (13):

أستنتج عبارة الضّغط الكلّيّ لمزيج غازيّ بدلالة الكسر الموليّ.

الحل:

الضّغط الجزئيّ لغاز $P_1 = n_1 \frac{RT}{V}$ والضّغط الكلّيّ للمزيج الغازيّ $P_t = n_t \frac{RT}{V}$

انسب الضّغط الجزئيّ إلى الضّغط الكلّيّ:

$$\frac{P_1}{P_t} = \frac{\frac{n_1 RT}{V}}{\frac{n_t RT}{V}}$$

$$\frac{P_1}{P_t} = \frac{n_1}{n_t}$$

نتيجة:

- تُدعى النّسبة $X_i = \frac{n_i}{n_t}$ بالكسر الموليّ لغاز.

$$P_i = X_i \, P_t$$

تطبيق (8):

أحسب الضّغط الجزئيّ لغاز النتروجين مقدّراً بـ atm عند مستوى سطح البحر، إذا علمت أنّ نسبته 78% من مجمل الغازات المكوّنة للهواء.

الحل:

$$P_1 = X_1 \, P_t \Longrightarrow P_1 = \frac{78}{100} \times 1 = 0.78 \text{ atm}$$

قانون غراهام في الانتشار والتّسرب :

نشاط (14):



عنـد رشّ كميّـة صغيـرة مـن العطـر فـي غرفـة، ألاحـظ انتشـار الرائحـة فـي كامـل أرجـاء الغرفـة، كيـف أفسّـر ذلـك؟

أفسّر:

تنتشـر الغـازات فـي كلّ الاتّجاهـات بسـبب الحركـة العشـوائيّة لجزيئاتهـا لتمـلأ الحيّـز الـذي تُوجَـد فيـه بشـكل متجانـس تقريبـاً.

نشاط (15):



إذا وضِعت عبوتـان مـن محلـول حمـض كلـور المـاء المركّـز، ومحلـول النّشـادر المركَّـز بجانـب بعضهمـا ثـمّ نُـزعَ غطـاء كلّ منهمـا وفـق الشّـكل الآتـي:

يُلاحـظ تشـكّل أبخـرة بيضـاء بالقـرب مـن عبـوة حمـض كلـور المـاء، وهـذا يعنـي انتشـار جزيئـات غـازي كلـور الهدروجيـن والنشـادر خـارج عبوتيهمـا، وتكويـن ملـح كلوريـد الأمونيـوم الأبيـض وفـق التّفاعـل الآتـي:

$$HCl_{(g)} + NH_{3(g)} \longrightarrow NH_4Cl_{(s)}$$

نتيجة:

قانون غراهام: نسبة سرعتي انتشار غازين في وسط ضمن الشروط نفسها من ضغط ودرجة الحرارة تتناسب عكساً مع الجذر التربيعي لنسبة كتلتيهما المولية، ويعبّر عنه بالعلاقة:

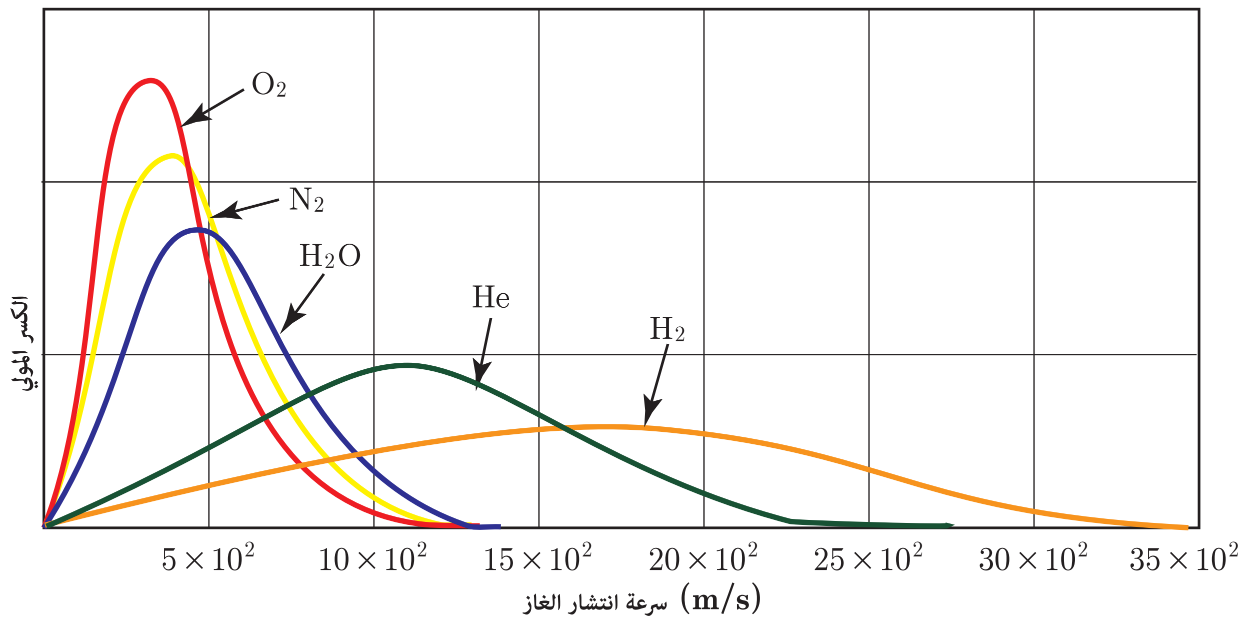
$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

v_1 سرعة انتشار الغاز الأوّل، M_1 الكتلة الموليّة للغاز الأوّل.

v_2 سرعة انتشار الغاز الثّاني، M_2 الكتلة الموليّة للغاز الثّاني.

تطبيق (9):

الشكل المرسوم أدناه يمثّل سرعة انتشار بعض الغازات بدلالة الكسر المولي لكلّ منها.



الحل:

أرتّب هذه الغازات وفق سرعة انتشارها:

$$O_2 - N_2 - H_2O - He - H_2 \xrightarrow[\text{تزايد سرعة الانتشار}]{}$$

تتزايد سرعة انتشار الغاز كلّما نقصت كتلته الموليّة وفق قانون غراهام.

نشاط (16):

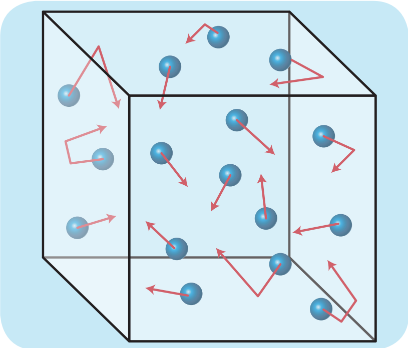
يستخدم غاز سداسي فلوريد اليورانيوم UF_6 في عمليّات تخصيب الوقود النّوويّ في المُفاعلات النّوويّة. احسب نسبة سرعة انتشار غاز الهدروجين H_2 إلى سرعة انتشار غاز سداسي فلوريد اليورانيوم UF_6، حيث:

$$M_{UF_6} = 352\ \text{g.mol}^{-1} \quad , \quad M_{H_2} = 2\ \text{g.mol}^{-1}$$

النظرية الحركية للغازات:

تتضمّن النّظرية الحركيّة للغازات النّقاط الآتية:

1. عشوائيّة الحركة: تتحرّك جزيئات الغاز بحركة عشوائيّة مستمرّة وفق مسارات مستقيمة ضمن الحجم الذي يشغله الغاز.
2. يُهمل حجم جزيء الغاز مقابل حجم الغاز نتيجة تباعد الجزيئات.
3. تُهمل قوى التّأثير المتبادل بين جزيئات الغاز.



4. لا يتغيّر متوسّط الطّاقة الحركيّة للجزيئات بمرور الزّمن، وتنتقل الطّاقة بين الجزيئات من خلال التّصادمات، بشرط بقاء درجة الحرارة ثابتةً، ويَنتج ضغط الغاز نتيجة تصادم جزيئاته مع جدران الإناء الّذي يحويه.
5. تُزداد الطّاقة الحركيّة لجزيئات الغاز بازدياد درجة الحرارة.

تطبيق (10):

يُحضّر مزيجٌ غازيٌّ مؤلّف من 5% بوتان و 95% أرغون، بملء وعاء مخلّى من الهواء حجمه 40 L بغاز البوتان حتّى يصبح الضّغط 1 atm. المطلوب حساب:

1. **كتلة غاز الأرغون في المزيج السّابق عند درجة الحرارة 25˚C.**
2. **الضّغط الكلّي للمزيج النّهائيّ.**

(Ar:40, C:12, H:1)

الحل:

1.
$$PV = nRT \Longrightarrow n = \frac{PV}{RT}$$
$$n_{\text{بوتان}} = \frac{1\times 40}{0.082\times 298} \simeq 1.63\ \text{mol}$$

نحسب نسبة غاز البوتان لغاز الأرغون $\frac{1}{19} = \frac{5}{95}$، وبالتّالي فإنّ عدد مولات الأرغون:

$$n_{\text{أرغون}} = 19 n_{\text{بوتان}}$$
$$n_{\text{أرغون}} = 19\times 1.63 = 30.97\ \text{mol}$$

كتلة غاز الأرغون

$$m_{\text{أرغون}} = n\times M = 30.97\times 40$$
$$m_{\text{أرغون}} = 30.97\times 40 = 1238.8\text{g}$$

2. الضّغط الكلّيّ يساوي مجموع الضّغوط الجزئيّة في المزيج:

$$P_t = (n_{\text{بوتان}} + n_{\text{أرغون}})\frac{RT}{V}$$
$$P_t = (1.63 + 30.97)\frac{0.082\times 298}{40}$$
$$P_t = 19.9\ \text{atm}$$

تعلّمت

- **العلاقة بين حجم الغاز وضغطه (قانون بويل).**

1. جداء حجم عيّنة من غاز في ضغطه مقدار ثابت عند درجة حرارة ثابتة:
$$PV = \text{const.}$$
2. يتناسب حجم عيّنة من غاز عند درجة حرارة ثابتة عكساً مع ضغط ذلك الغاز.
$$PV = P_1V_1 = P_2V_2 = \dots\dots = \text{const.}$$

- **العلاقة بين حجم الغاز ودرجة الحرارة (قانون شارل).**

1. نسبة حجم عيّنة من غاز إلى درجة حرارته مقدرة بالكلفن ثابتة عند ضغط ثابت.

$$\frac{V}{T} = \text{const.}$$

2. يتناسب حجم عيّنة من غاز طرداً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات ضغط الغاز.

$$\frac{V}{T} = \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \dots\dots = \text{const.}$$

- **العلاقة بين الغاز ودرجة الحرارة (قانون غاي– لوساك).**

1. نسبة ضغط عينة من غاز إلى درجة حرارته مقدرة بالكلفن ثابتة عند حجم ثابت.

$$\frac{P}{T} = \text{const.}$$

2. يتناسب ضغط عيّنة من غاز طرداً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات حجم الغاز.

$$\frac{P}{T} = \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \dots\dots = \text{const.}$$

- **العلاقة بين عدد مولات الغاز وحجمه (قانون أفوغادرو).**

1. حجم مول واحد من أي غاز في الشرطين النظاميين (الضغط 1 atm، ودرجة الحرارة $0^\circ C$) هو 22.4 L

2. يشغل مول واحد من أي غاز الحجم نفسه في الشروط نفسها من الضغط والحرارة، ويدعى الحجم المولي

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} = \dots\dots = \text{const.}$$

- **قانون الغازات العام.**

$$PV = nRT \Longrightarrow \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \dots\dots = \frac{PV}{T} = nR$$

- **تتناسب كثافة الغاز طرداً مع ضغطه وكتلته المولية وعكساً مع درجة حرارته.**

- **قانون دالتون:** الضغط الكلي لمزيج غازي يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات المكونة له.

- **يعبر عنه بالعلاقة:** $P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \dots\dots$

- **قانون غراهام:** نسبة سرعتي انتشار غازين في وسط ضمن الشروط نفسها من ضغط ودرجة الحرارة تتناسب عكساً مع الجذر التربيعي لنسبة كتلتيهما المولية ويعبّر عنه بالعلاقة:

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

- **النظرية الحركية للغازات:**

تتضمن النظرية الحركية للغازات النقاط الآتية:

1. عشوائية الحركة: تتحرك جزيئات الغاز بحركة عشوائية مستمرة وفق مسارات مستقيمة ضمن الحجم الذي يشغله الغاز.
2. يهمل حجم الجزيئة مقابل حجم الغاز نتيجة تباعد الجزيئات.

3. تهمل قوى التأثير المتبادل بين جزيئات الغاز.
4. لا يتغيّر متوسط الطاقة الحركية للجزيئات بمرور الزمن، وتنتقل الطاقة بين الجزيئات من خلال التصادمات، بشرط بقاء درجة الحرارة ثابتة، وينتج ضغط الغاز نتيجة تصادم جزيئاته مع جدران الإناء الذي يحويه.
5. تزداد الطاقة الحركية لجزيئات الغاز بازدياد درجة الحرارة.

أختبر نفسي

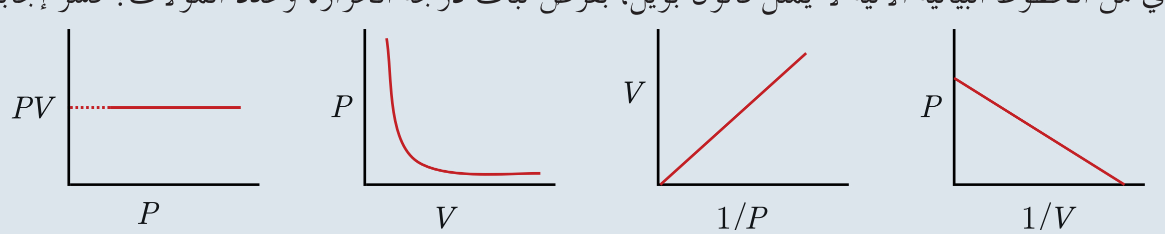
يُعطى ثابت الغازات لجميع الأسئلة والمسائل $R = 8.314\ J.K^{-1}.mol^{-1}, R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$

أولاً: اختر الإجابة الصّحيحة لكلّ ممّا يأتي:

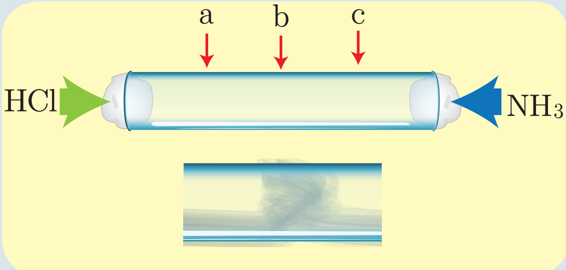
1. يحوي وعاء مغلق حجمه 18 L يحوي غاز الأرغون عند الدّرجة 360 K والضغط 2 atm، فيكون عدد مولات الغاز مساوياً:
   a. 0.012 mol b. 1.21 mol c. 0.82 mol d. 83.14 mol
2. يزداد ضغط غاز موجود في وعاء مغلق عند:
   a. زيادة حجم الوعاء b. زيادة عدد الجزيئات
   c. نقصان درجة الحرارة d. تغيير نوع الغاز.
3. أكبر قيمة لضغط الغاز بثبات درجة الحرارة في وعاء إذا كان:
   a. حجمه 22.4 L يحوي مول واحد من الغاز b. حجمه 22.4 L يحوي مولين من الغاز
   c. حجمه 11.2 L يحوي مولين من الغاز d. حجمه 11.2 L يحوي مول واحد من الغاز
4. تشغل عيّنة غازيّة حجماً قدره 30 mL عند الدّرجة 25°C وضغط ثابت، إذا سخنت العيّنة إلى الدّرجة 50°C يصبح حجمها مساوياً:
   a. 60.0 mL b. 27.5 mL c. 15.0 mL d. 32.5 mL
5. مزيج غازي يحتوي على 2 mol من النتروجين و 4 mol من الأكسجين عند ضغط 0.98 atm. إذا استُبدل المزيج بـ 6 mol من الأكسجين تكون قيمة الضّغط النّاتج:
   a. 0.32 atm b. 0.349 atm c. 0.65 atm d. 0.98 atm

ثانياً: أجب عن الأسئلة الآتية:

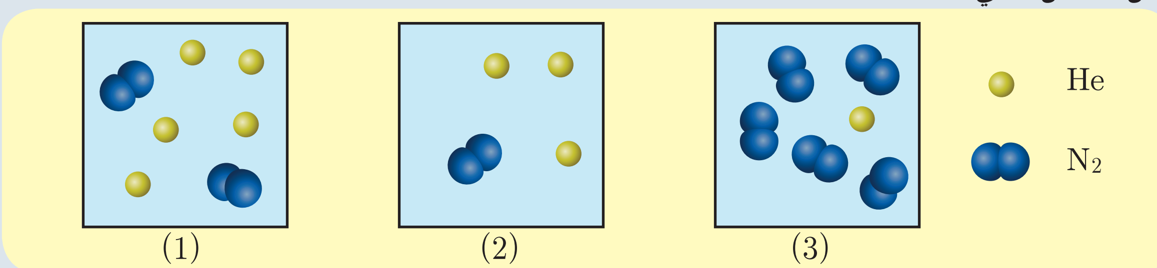
1. أيٌّ من الخطوط البيانيّة الآتية لا يمثّل قانون بويل، بفرض ثبات درجة الحرارة وعدد المولات؟ فسّر إجابتك.



2. يُملأ أنبوب زجاجيّ طوله 1 m بغاز الأرغون عند الضّغط 1 atm، ويُغلق طرفيه بالقطن كما في الشّكل المجاور. يُضخ غاز HCl من أحد طرفيه، وغاز NH_3 من الطّرف الآخر في الوقت ذاته. يتفاعل الغازان ضمن الأنبوب الزّجاجيّ ليتكّون ملح NH_4Cl الصّلب، في أيّ نقطة a أو b أو c تتوقّع أن يتكوّن هذا الملح، ولماذا؟



3. يمثّل الشّكل الآتي عيّنات غازيّة:



إذا علمت أنّ هذه العيّنات موجودة عند درجة الحرارة ذاتها، رتّب هذه العيّنات حسب:

a. تزايد الضّغط الكلّيّ.

b. تزايد الضّغط الجزئيّ للهليوم.

ثالثاً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

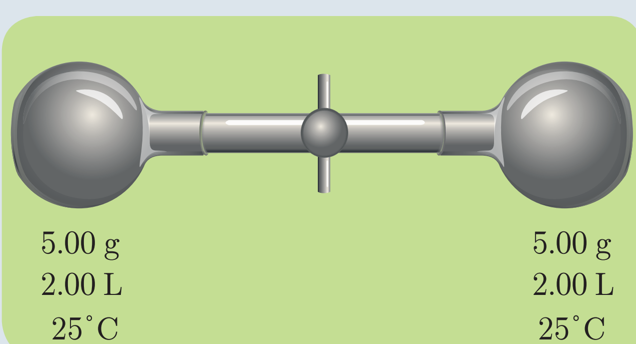
منطاد مليء بغاز الهدروجين يستخدمه مستكشف ليصل به إلى القطب الشّماليّ، وقد حصل على غاز الهدروجين من خلال تفاعل حمض الكبريت الممدّد مع برادة الحديد، فإذا كان حجم المنطاد في الشرطين النظاميين $4800\ m^3$، ونسبة غاز الهدروجين الضّائع المتسرّب خلال عمليّة الملء 20% المطلوب:

1. اكتب معادلة التّفاعل الحاصل.
2. احسب كتلة الحديد المستخدم.
3. احسب كتلة حمض الكبريت.

(H:1, O:16, S:32, Fe:56)

المسألة الثانية:

يُمثّل الشّكل المجاور حوجلتين متماثلتين متصلتان ببعضهما بصِمَام، تحوي الحوجلة الأولى غاز النشادر (الأمونيا) NH_3، بينما تحوي الحوجلة الثّانية غاز كلور الهدروجين HCl، فإذا علمت أنّ حجم كلّ حوجلة 2.0 L، ودرجة حرارتهما 25°C، وكتلة كلٍّ من الغازين 5.00g. عند فتح الصِمَام يتفاعل غاز النشادر مع غاز كلور الهدروجين، وينتج ملح كلوريد الأمونيوم الصّلب، المطلوب:



1. اكتب المعادلة المعبّرة عن التفاعل الحاصل.
2. بيّن حسابياً ما هو الغاز المتبقّي بعد نهاية التّفاعل؟
3. احسب الضّغط عند نهاية التّفاعل (بإهمال حجم كلوريد الأمونيوم الصّلب المتشكّل).
4. احسب كتلة ملح كلوريد الأمونيوم النّاتج.

المسألة الثالثة:

مزيج غازي في وعاء حجمه $21\,m^3$، يحوي على $11.8\,kg$ من غاز الميتان CH_4، و $2.3\,kg$ من غاز الإيتان C_2H_6، و $1.1\,kg$ من غاز البروبان C_3H_8، وكمّية من غاز مجهول، فإذا علمت أنّ الضّغط الكلّيّ للوعاء $1\,atm$ عند الدّرجة $27^\circ C$، احسب عدد مولات الغاز المجهول.

المسألة الرابعة:

يتمّ تخزين الغازات في حاويات معدنيّة تتحمّل الضّغط العالي، فإذا علمت أنّ ضغط غاز الأكسجين يساوي $16500\,kPa$ داخل حاوية حجمها $208\,L$ عند الدرجة $23^\circ C$، المطلوب حساب:

1. كتلة غاز الأكسجين داخل الحاوية.
2. الحجم الذي سيشغله الأكسجين في الشرطين النظاميين.
3. درجة الحرارة التي تجعل الضّغط في الحاوية مساوياً لـ $150\,atm$.
4. ضغط الغاز إذا نُقل إلى حاوية حجمها $55\,L$ عند درجة حرارة $24^\circ C$.

المسألة الخامسة:

يستمد جسم الإنسان الطاقة اللازمة للقيام بوظائفه الحيوية من تأكسد سكر العنب وفق المعادلة الآتية:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

تَنقل كريّات الدّم الحمراءُ نواتج التّفاعل إلى الرئتين، ثم يخرج CO_2 على شكل غاز بعملية الزّفير، والمطلوب حساب:

1. حجم غاز CO_2 المنطلق نتيجة أكسدة $24.5\,g$ من سكر العنب في جسم الإنسان، عند درجة الحرارة $37^\circ C$ والضّغط $0.970\,atm$.
2. حجم غاز الأكسجين اللازم لأكسدة $50\,g$ من سكّر العنب عند الضّغط $1\,atm$ ودرجة الحرارة $298\,K$

تفكير ناقد

يصل مدى الصوت في الأماكن الباردة الى مسافات بعيدة جداً في حين تتناقص المسافة التي يصلها اذا ارتفعت درجة الحرارة، فسّر ذلك.

أبحث أكثر

ترتفع الطائرات التجارية أثناء طيرانها إلى ارتفاع محدّد يتراوح بين $(8-12)\,km$ ابحث عن سبب ذلك مستعيناً بمكتبة مدرستك أو بالشابكة.

الوحدة الثّالثة
حركيّة التّفاعلات الكيميائيّة



تكمُن أهميّة الكيمياء الحركيّة في دراسة سرعة التّفاعل وآليّة حدوثه، ولهذا أهميّةٌ كبيرةٌ في الصّناعة، حيث يمكن معرفةُ زمن انتهاء إحدى المراحل في عمليّة التّصنيع، وما الظروف الملائمة لكلّ مرحلة؟ وفي مجال الصّيدلة من أجل تخزين الدواء ومعرفة فعّاليته داخل الجسم.

3-1 سرعة التّفاعل الكيميائيّ



تُزوّد السّيارات بوسائد هوائيّة تنتفخ لحظةَ تعرّض السيارة لحادث ما، تعتمد تقْنيَةُ انتفاخها على تفكّك مادّةٍ كيميائيّة تُدعى أزيد الصّوديوم NaN_3 خلال زمن لا يتعدّى 0.4 s، لتُجنّبَ السّائقَ والرّكابَ الأذيّة.

الأهداف:

* يصنّف التّفاعلات وفقاً لسرعاتها.
* يتعرّف مفهوم السّرعة الوسطيّة للتّفاعل الكيميائيّ.
* يتعرّف طاقة التّنشيط.
* يستنتج العوامل المؤثّرة في سرعة التّفاعل الكيميائيّ.
* يعيّن السّرعة اللّحظيّة (بيانيّاً – وحسابيّاً).
* يستنتج رتبة التّفاعل الكيميائيّ.
* يتعرّف التفاعل الكيميائي من الرّتبة الأولى.

الكلمات المفتاحية:

* سرعة التّفاعل
* سرعة التّفاعل الوسطيّة
* رتبة التّفاعل
* الوسيط
* طاقة التّنشيط.

تصنيف التّفاعلات الكيميائيّة:

نشاط (1):

صنّفِ التّفاعلات الآتية من حيثُ السّرعةُ إلى:

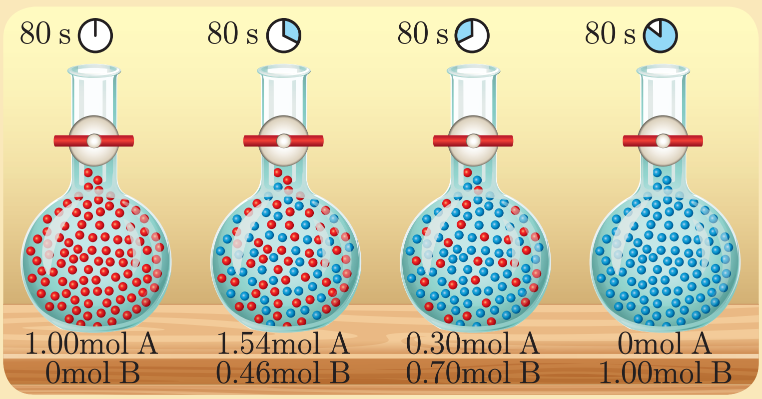
سريعة – بطيئة – بطيئة جدّاً

صدأ الحديد	احتراق غاز البوتان	تشكل النفط والغاز

سرعة التّفاعلات الكيميائيّة:

نشاط (2):

يحدث التّفاعل الممثّل بالمعادلة الآتية: $A_{(g)} \longrightarrow B_{(g)}$ في وعاء حجمه $1\,L$ ، وسجّلت النتائج في الجدول الآتي:



الزمن s	A (mol)	B (mol)
0	1.00	0
20	0.54	0.46
40	0.30	0.70
80	0.00	1.00

اعتماداً على النّتائج المدوَّنة في الجدول السّابق:

1. أحسب تركيز كلٍّ من المادّتين A و B عند الأزمنة s $(40, 20, 0)$.
2. أحسب تغيّر تراكيز كلٍّ من المادّتين A و B خلال تغيّر الزّمن من $(0 \rightarrow 20)$ ومن $(20 \rightarrow 40)$
3. أمثلّ بيانيّاً تغيّر تراكيز كلّ من المادّتين A و B خلال سير التّفاعل، ماذا أستنتج؟

الحل:

.1

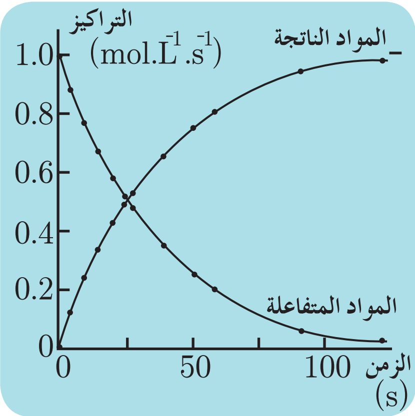
الزمن t(s)	0	20	40
تركيز المادة A $(mol.L^{-1})$	1.00	0.54	0.30
تركيز المادة B $(mol.L^{-1})$	0	0.46	0.70

.2 تغيّر تركيز المادّة A خلال الزّمن من $(0 \rightarrow 20)$

$$\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{[A]_2 - [A]_1}{t_2 - t_1} = \frac{0.54 - 1}{20 - 0} = -0.023\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$

تغيّر تركيز المادّة A خلال الزّمن من $(20 \rightarrow 40)$

$$\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{[A]_3 - [A]_2}{t_3 - t_2} = \frac{0.3 - 0.54}{40 - 20} = -0.012\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$



ألاحظ:
أنّ قيمة تغيّر تراكيز الموادّ المتفاعلة بالنّسبة لتغيّر الزّمن سالبةٌ لأنّ التّراكيز في تناقص مستمرٍّ.

تغيّر تركيز المادّة B خلال الزّمن من (0 ← 20)

$$\frac{\Delta[B]}{\Delta t}=\frac{[B]_2-[B]_1}{t_2-t_1}=\frac{0.46-0}{20-0}=0.023\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$

تغيّر تركيز المادّة B خلال الزّمن من (20 ← 40)

$$\frac{\Delta[B]}{\Delta t}=\frac{[B]_3-[B]_2}{t_3-t_2}=\frac{0.7-0.46}{40-20}=0.012\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$

ألاحظ:
أنّ قيمة تغيّر تراكيز الموادّ النّاتجة بالنّسبة لتغيّر الزّمن موجبةٌ لأنّ التّراكيز في تزايدٍ مستمرٍّ.
يعبّر تغيّر تركيز المادّة A بتغيّر الزّمن عن السّرعة الوسطيّة لاستهلاك المادّة A، ويُرمز لها $v_{avg}(A)$.
يعبّر تغيّر تركيز المادّة B بتغيّر الزّمن عن السّرعة الوسطيّة لتشكّل المادّة B، ويُرمز لها $v_{avg}(B)$.

أستنتج:

- **السّرعة الوسطيّة لاستهلاك المادّة (A) المتفاعلة $v_{avg}(A)=-\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$، والسّرعة الوسطيّة لتشكّل المادّة (B) النّاتجة $v_{avg}(B)=+\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$.**
- **$v_{avg}(A)=v_{avg}(B)$ بسبب تساوي عدد المولات لكلٍّ منهما، ويُعبَّر عن سرعة التّفاعل الوسطيّة للتّفاعل السّابق: $v_{avg}=-\frac{\Delta[A]}{\Delta t}=\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$**

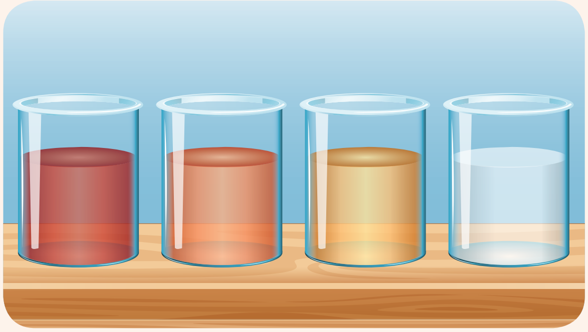
تعميم:
في وسط متجانس لدينا التّفاعل الكيميائيّ العامّ الآتي: $m\,A+n\,B\longrightarrow p\,C+q\,D$
حيث n, m, q, p عدد المولات في المعادلة الموزونة علاقة السّرعة الوسطيّة لتفاعل كيميائيّ:

$$v_{avg}=-\frac{1}{m}\frac{\Delta[A]}{\Delta t}=-\frac{1}{n}\frac{\Delta[B]}{\Delta t}=\frac{1}{p}\frac{\Delta[C]}{\Delta t}=\frac{1}{q}\frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

$$v_{avg}=\frac{1}{m}v_{avg}(A)=\frac{1}{n}v_{avg}(B)=\frac{1}{p}v_{avg}(C)=\frac{1}{q}v_{avg}(D)$$

وحدة قياس سرعة التّفاعل الكيميائيّ $mol.L^{-1}.s^{-1}$

إثراء:
تقاس سرعة بعض التّفاعلات الكيميائيّة باستخدام جهاز المطيافيّة اللّونيّة الّتي تحدّد تغيّر الشّدّة اللّونيّة لمحلول ما في أثناء التّفاعل تبعاً لتغيّر تركيزه في كلّ لحظةٍ، مثّل تفاعل حمض النّمل مع ماء البروم كما في الشّكل.



مراحل حدوث التّفاعل الكيميائيّ:

نظرية التّصادمات:



تقوم نظريّة التّصادم على فرضيتين:

1. لحدوث تفاعل كيميائيّ يجب أن تتصادم دقائقُ الموادّ المتفاعلة (جزيئات أو ذرات أو أيونات) مع بعضها.
2. التّصادم شرطٌ لازمٌ وغيرُ كافٍ لحدوث التّفاعل، حيثُ يُوجد تصادماتٌ فعّالة وأخرى غير فعّالة.

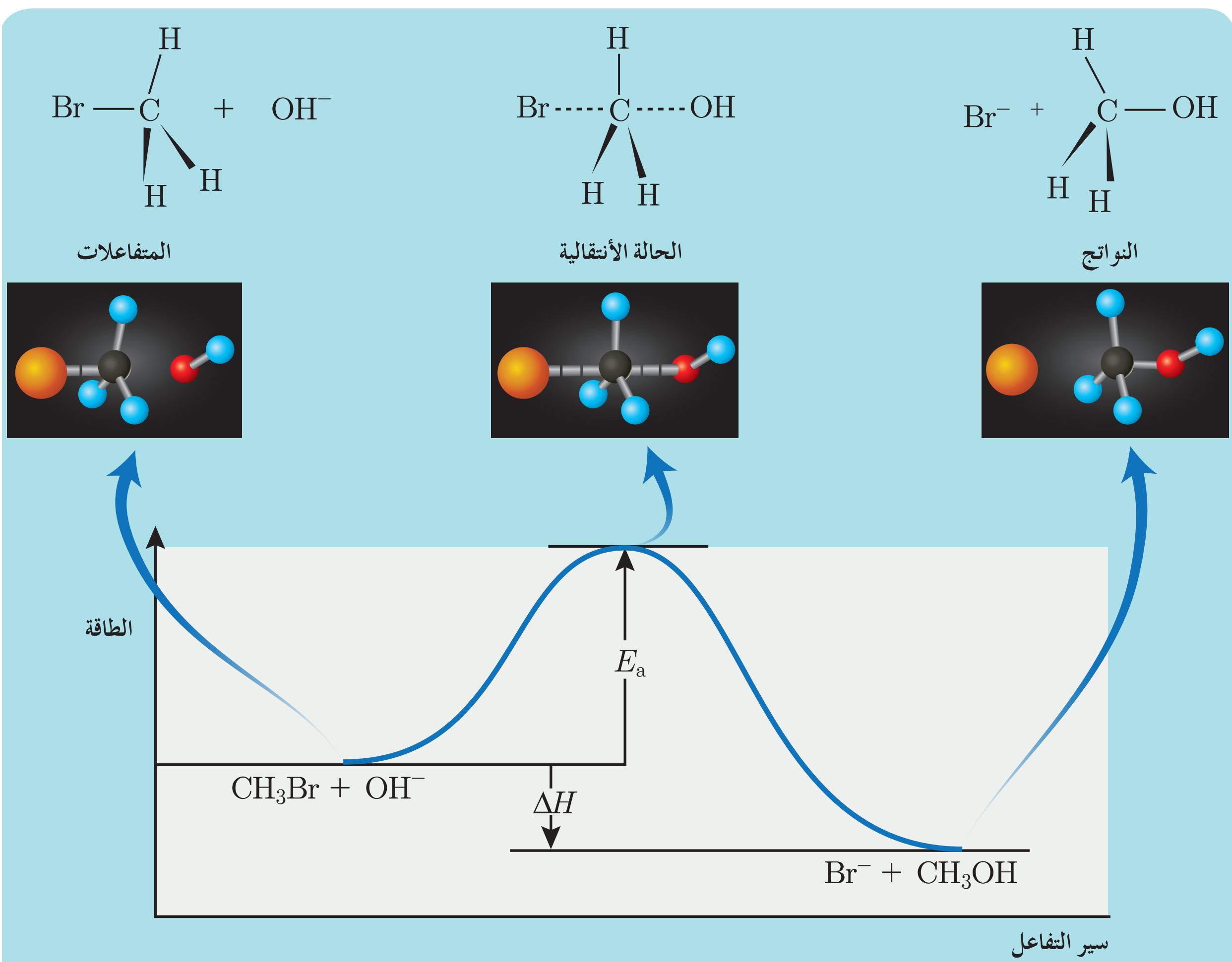
حتّى يكون التّصادم فعّالاً لابدّ من توافر شرطين هما:

- أن تأخذ دقائق الموادّ المتفاعلة وضعاً فراغيّاً مناسباً.
- أن تمتلك دقائق الموادّ المتفاعلة الحدّ الأدنى من الطّاقة اللّازمة لحدوث التّفاعل (طاقة التّنشيط).

نشاط (3):

ألاحظ المخطّط المعبّر عن تغيّر الطّاقة خلال سير التّفاعل ، وأحدّد المراحل الّتي يمرّ بها التّفاعل الآتي:

$$CH_3Br + OH^- \longrightarrow CH_3OH + Br^-$$



أستنتج:

- تمرّ التّفاعلات الكيميائيّة الّتي تحتاج إلى طاقة تنشيط بالمراحل الآتية:

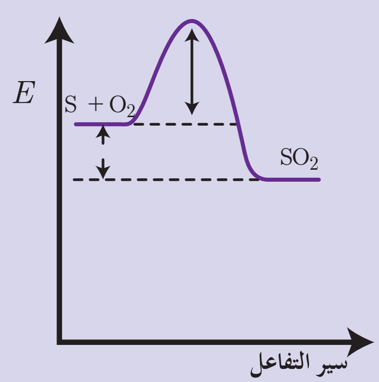
1. إضعافِ روابط جزيئات الموادّ المتفاعلة.
2. تشكّل الحالة الانتقاليّة أو ما يسمّى المعقّد النّشط.
3. تفكّك المعقّد النّشط، وتشكّل النّواتج.

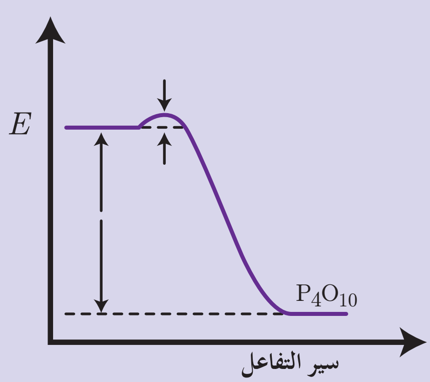
إضاءة

- **المعقّد النّشط:** مركّب مرحليّ غيرُ ثابت يتشكّل آنيّاً، ولا يمكن فصله من المزيج التّفاعليّ.
- **طاقة التّنشيط:** هي الحدّ الأدنى من الطّاقة الواجب توافره لوصول طاقة الموادّ المتفاعلة إلى الحالة الانتقاليّة.
- تتعلّق طاقة التّنشيط بطبيعة الموادّ المتفاعلة.

نشاط (4):

ألاحظ المخطّطين البيانيّين الآتيين:





أيُّ التّفاعلين يحتاج طاقة تنشيط أكبَر؟ وأيّ التّفاعلين أسرع؟ أفسّر ذلك.

أستنتج:

- التّفاعلات الّتي تحتاج إلى طاقة تنشيط منخفضة تكون سريعةً، لأنّ عدد الجزيئات الّتي تمتلك طاقة التّنشيط يكون كبيراً.
- التّفاعلات الّتي تحتاج إلى طاقة تنشيط كبيرة تكون بطيئة، لأنّ عدد الجزيئات الّتي تمتلك طاقة التّنشيط يكون صغيراً.

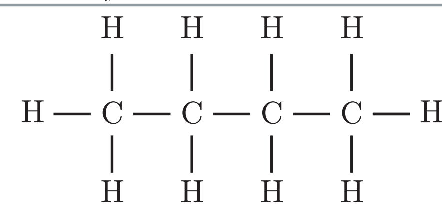
العوامل المؤثرة في سرعة التّفاعل الكيميائيّ :

تؤثر في سرعة التّفاعل مجموعة من العوامل:

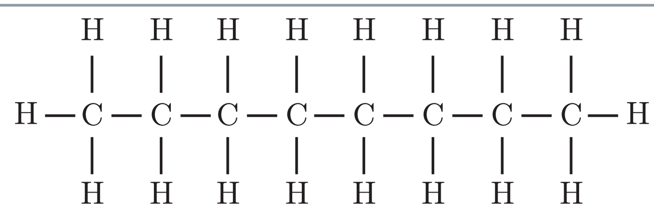
ا. طبيعة الموادّ المتفاعلة.

نشاط (5):

ما عدد الرّوابط $(C-H, C-C)$ في كلّ من المركّبين الآتيين:



غاز البوتان (المكون الأساسي للوقود المستخدم في أسطوانية الغاز المنزلية)



الأوكتان (المكون الأساسي للوقود المستخدم في السيارات)

غاز البوتان: C – C	غاز البوتان: C – H	الأوكتان: C – C	الأوكتان: C – H
---------------------	---------------------	---------------------	---------------------

أحدّد أيّ المركّبين السّابقين يحترق بسرعة أكبر؟

أستنتج:

- سرعة احتراق البوتان أكبرُ من سرعة احتراق الأوكتان.

نشاط (6):

يتفاعل غاز الهدروجين مع غاز الفلور بسرعة كبيرة تصل إلى حد الانفجار في الدّرجة العاديّة من الحرارة وفق المعادلة: $H_{2(g)} + F_{2(g)} \longrightarrow 2HF_{(g)}$

يتفاعل غاز الهدروجين مع غاز الكلور ببطء في الدّرجة العاديّة من الحرارة وفق المعادلة:

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)}$$

ما سبب اختلاف سرعتي التّفاعلين السّابقين؟ علماً أنّ:

$$\Delta H_b(H-H) = 435\ kJ.mol^{-1}, \Delta H_b(Cl-Cl) = 243\ kJ.mol^{-1}, \Delta H_b(F-F) = 156.9\ kJ.mol^{-1}$$

أستنتج:

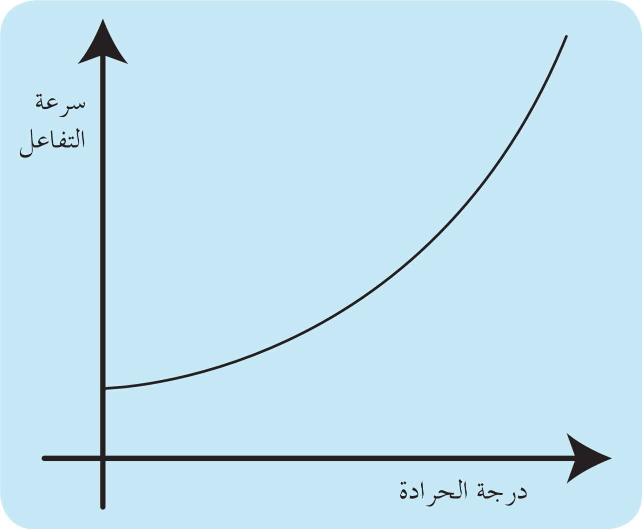
- تزداد سرعة التّفاعل الكيميائيّ كلّما قلّت قيمة طاقة روابط الموادّ المتفاعلة.

نتيجة:

تتعلّق سرعة التّفاعل بطبيعة الموادّ المتفاعلة.

٢. درجة الحرارة.

نشاط (7):



تصنّف الزواحف بأنّها من الحيوانات ذاتِ الدّم البارد، لأنّها تحتاج للحرارة حتّى تستطيع الحركة بسرعة.

أفسّر: أثر زيادة درجة الحرارة على العمليّات الاستقلابيّة داخل أجسام هذه الكائنات، وعلى التّفاعلات الكيميائيّة بشكل عامّ.

- تؤدّي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة عدد الجزيئات الّتي تملك طاقة حركيّة أكبرَ أو تساوي طاقة التّنشيط، فيزداد عددُ التّصادمات الفعّالة وبالتّالي تزداد سرعة التّفاعل.

نتيجة:

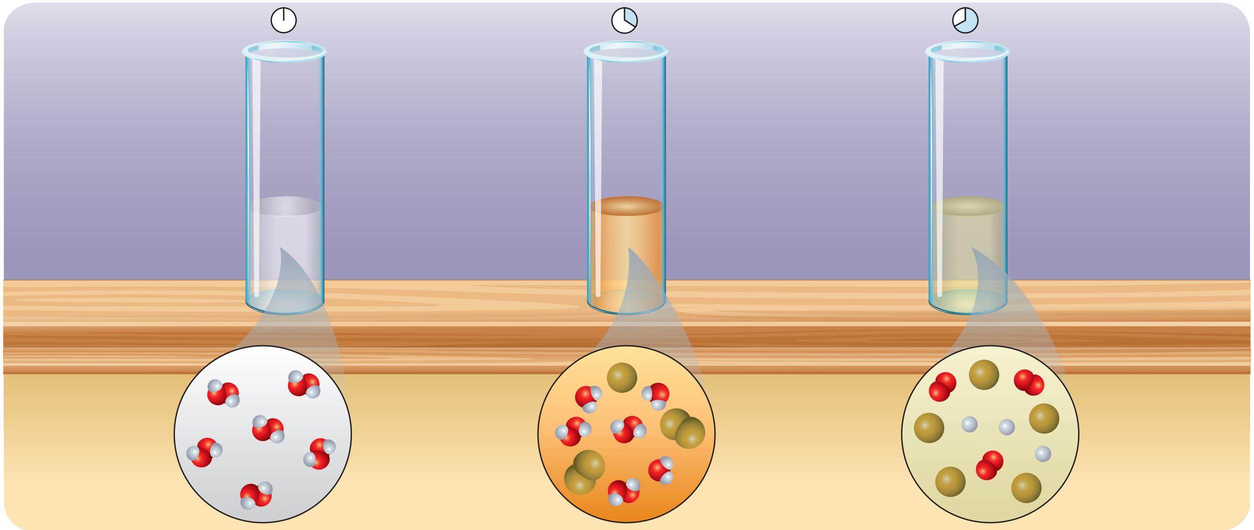
تزداد سرعة التّفاعل بزيادة درجة الحرارة.

٣. تأثير الوسيط.

تُحفَظ الأغذيّة المعلّبة لفترة زمنيّة طويلة دون أن تفسُد بسبب إضافة موادَّ حافظةٍ إليها تُبطئ سُرعة تفاعل تحلّلها.

نشاط (8):

يتفكّك الماء الأكسجيني ببطء وفق المعادلة الآتية: $2H_2O_{2(aq)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$



تزداد سرعة تفكّك الماء الأكسجيني عند إضافة حفّاز (أيونات البروم Br^- في وسط حمضي).

إثراء:

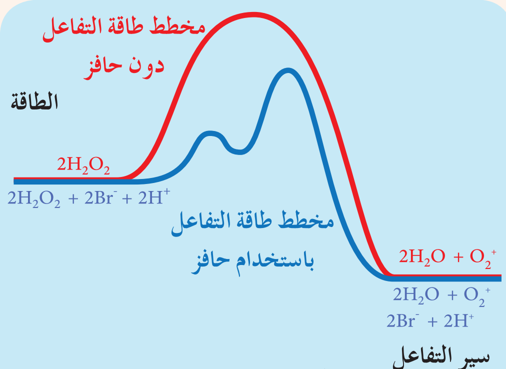
يتمّ التّفاعل وفق الخطوات الآتية:

1. $2Br^{-}_{(aq)} + 2H^{+}_{(aq)} + H_2O_{2(aq)} \longrightarrow Br_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$
2. $Br_{2(aq)} + H_2O_{2(aq)} \longrightarrow 2Br^{-}_{(aq)} + 2H^{+}_{(aq)} + O_{2(g)}$

بجمع المعادلتين السّابقتين نجدُ:

$$2H_2O_{2(aq)} \xrightarrow{2Br^{-} + 2H^{+}} 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$$

نلاحظ وكأنّ أيّونات البروم لم تشارك في التّفاعل.



مخطّط بيانيّ يبيّن آلية عمل الحفّاز.

أستنتج:

- **الوسيط: مادّة تُغيّر من سرعة التّفاعل الكيميائيّ القابل للحدوث دون أن يتغيّر تركيبُها الكيميائيّ في نهاية التّفاعل، ويُقسَم الوسيط إلى مسرّع للتّفاعل يُدعى حفّاز، ومُبطّئ للتّفاعل يُدعى مثبّط.**
- **يعمل الحفّاز على تغيير آلية حدوث التّفاعل وفق تفاعلات طاقة تنشيطها أقلّ من طاقة تنشيط التّفاعل الأصليّ.**

إضاءة

تلعب الأنزيمات دورَ المحفّز أو المثبّط في ضبط التّفاعلات الكيميائيّة داخل جسم الكائن الحيّ، والتي تَحدُث جميعُها بشكل دقيق للحفاظ على حياته واستمرار بقائه.

٤. تأثير التّركيز.

نميّز نوعينِ من التّفاعلات:

تفاعلات متجانسة: تكون فيها الموادّ المتفاعلة والموادّ النّاتجة في طور واحد

مثال: $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)}$

في هذه الحالة تزداد سرعة التّفاعل بزيادة أحد تركيزي الهدروجين أو الكلور أو كليهما.

تفاعلات غير متجانسة: تكون فيها الموادّ المتفاعلة والنّاتجة في أطوارٍ مختلفة.

نشاط (9):

يتفاعل حمض كلور الماء مع قطعة من كربونات الكالسيوم وفقَ المعادلة الآتية:

$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow CaCl_{2(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

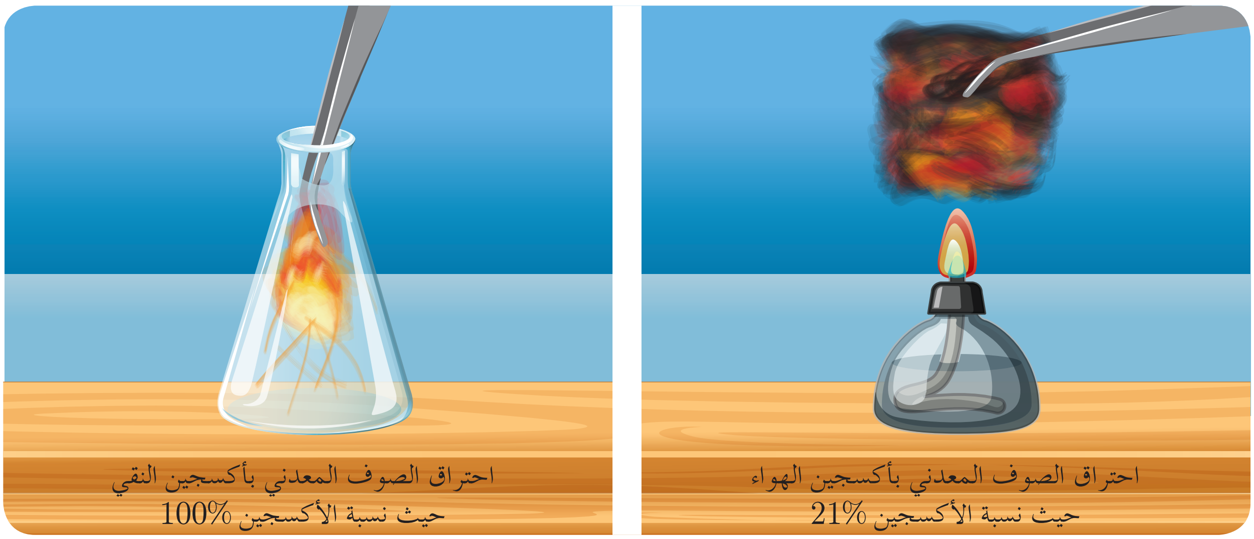
كيف يمكن زيادة سرعة هذا التّفاعل؟

أستنتج:

- تزداد سرعة التّفاعل بزيادة تركيز حمض كلور الماء.
- تحويل قطعة كربونات الكالسيوم إلى مسحوق، فيزداد سطح كربونات الكالسيوم المعرّض للتّفاعل.

نشاط (10):

توضّح الصّورتان الآتيتان احتراق كتلتين متساويتين من الصّوف المعدنيّ بالأكسجين:



أيُّ التّفاعلين أسرع؟ فسّر إجابتك؟

إضاءة

المـوادّ الصّلبـة والسّـائلة الصّرفـة ذاتُ تركيـز ثابـت، لأنّ تغيّـر عـدد المـولات يـؤدّي لتغيّـر الحجـم، والعكـس صحيـح، فتبقـى نسـبة عـدد المـولات إلـى الحجـم (التّركيـز) ثابتـة.

نشاط (11):

يتفاعل حمض الكبريت الممدّد مع قطعة حديد، اقترح طريقتين لزيادة سرعة هذا التّفاعل.

قانون سرعة التّفاعل اللّحظيّة:

ا. حساب السّرعة اللّحظيّة بيانيّاً:

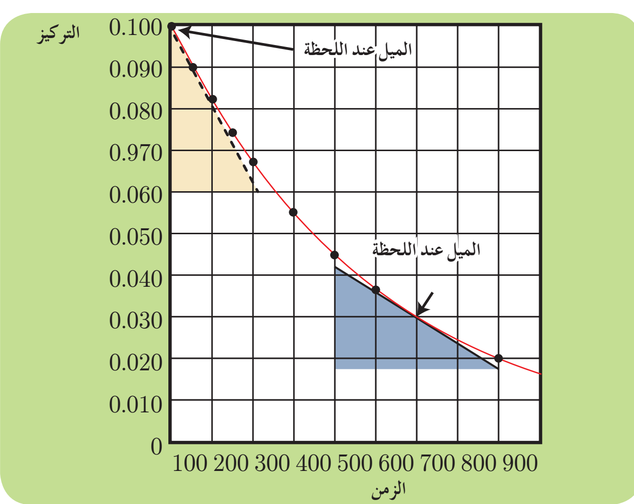
نشاط (12):

يتفاعل 1– كلورو البوتان مع الماء وفق المعادلة الآتي: $C_4H_9Cl_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow C_4H_9OH_{(aq)} + HCl_{(aq)}$

يبيّن الجدول تركيز 1– كلورو البوتان خلال لحظات محدّدة من زمن سير التّفاعل:

الزمن (s)	$[C_4H_9Cl]\ mol.L^{-1}$
0.0	0.10
100	0.08
200	0.06
300	0.05
400	0.04
500	0.03
800	0.02
10000	0

أرسم المنحني البيانيّ لتغيّر تركيز كلورو البوتان بدلالة تغيّر الزّمن، وأحسب ميل المماسّ عند كلّ من اللحظتين $t = 600\ s, t = 0\ s$



الحل:

عند بداية التّفاعل $t = 0$

$$\text{ميل المماسّ} = \frac{(0.060 - 0.100)}{(200 - 0)}$$

$$= -2 \times 10^{-4} mol.L^{-1}.s^{-1}$$

في اللّحظة $t = 600$

$$\text{ميل المماسّ} = \frac{(0.017 - 0.042)}{(800 - 400)}$$

$$= -6.3 \times 10^{-5} mol.L^{-1}.s^{-1}$$

أستنتج:

- تمثّل قيمة ميل المماسّ عند لحظة محدّدة قيمة السّرعة اللّحظية للتّفاعل.

إضاءة

لحساب السّرعة اللّحظية يقاس تغيّر التّركيز خلال أزمنة صغيرة جدّاً ليصبحَ قانونُ السّرعة للموادّ المتفاعلة $v = -\frac{dC}{dt}$ ، وللموادّ النّاتجة $v = +\frac{dC}{dt}$

٢. حساب السّرعة اللّحظيّة بيانيّاً:

يَحدث عند درجة حرارة ثابتة التّفاعل الكيميائيّ الممثّل بالمعادلة الكيميائيّة الآتية:

$$m\,A_{(g)} + n\,B_{(g)} \longrightarrow$$ نواتج

في التّفاعل الأوّليّ تتناسب سرعة التّفاعل اللّحظية طرداً مع جداء تراكيز الموادّ المتفاعلة، مرفوع كلّ منها لأسّ يساوي عدد الأمثال التّفاعليّة (عدد المولات).

$$v \sim [A]^{m} \times [B]^{n}$$

$$\Rightarrow v = k[A]^{m} \times [B]^{n}$$

$[A],[B]$ تراكيز الموادّ المتفاعلة واحدتها $mol.L^{-1}$

v سرعة التّفاعل اللّحظيّة واحدتها $mol.L^{-1}.s^{-1}$

k ثابت سرعة التّفاعل، وتتعلّق قيمته بطبيعة الموادّ المتفاعلة، ودرجة الحرارة.

تطبيق (1):

أكتب عبارة سرعة التّفاعل اللّحظية لكلّ من التّفاعلات الأوليّة الآتية:

المعادلة	قانون سرعة التّفاعل	ملاحظات
$C_4H_9Cl_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow C_4H_9OH_{(aq)} + HCl_{(aq)}$	$v = k[C_4H_9Cl]$	لم يَدخل تركيز الماء في عبارة سرعة التفاعل لأنّه (مُحلّ) وتركيزه ثابت.
$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow CaCl_{2(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$	$v = k[HCl]^2$	تم استبعاد تركيز كربونات الكالسيوم لأنّه صلب تركيزه ثابت، وتمّ رفع قيمة التركيز للأسّ 2 لأنّ الأمثال الموليّة تساوي 2.
$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{3(g)}$	$v = k[SO_2]^2[O_2]$	كلاً من ثنائي أكسيد الكبريت والأكسجين غاز، وتتعلّق السّرعة بتغيّر تركيزهما.
$C_{(s)} + 2S_{(s)} \longrightarrow CS_{2(l)}$	$v = k$	تفاعل من الرّتبة صفر، لا تتعلّق بتركيز كلٍّ من الكربون والكبريت (موادّ صلبة).

رتبة التّفاعل:

نشاط (13):

يحدث التّفاعل الآتي في شروط مناسبة: $xA + yB \longrightarrow C$

قيست السّرعة الابتدائيّة لهذا التّفاعل بدلالة تراكيز الموادّ المتفاعلة، وكانتِ النّتائج كما في الجدول الآتي:

رقم التجربة	[A]	[B]	سرعة التفاعل
1	0.1	0.1	4.0×10^{-5}
2	0.1	0.2	4.0×10^{-5}
3	0.2	0.1	16.0×10^{-5}

اعتماداً على الجدول السّابق، وبفرض عبارة سرعة التّفاعل: $v = k[A]^x[B]^y$

1. أستنتج قيمة كلّ من (x, y)
2. أكتب عبارة سرعة التفاعل اللحظيّة، وأستنتج رتبته.
3. أحسب ثابت سرعة التّفاعل.

الحل:

1. أعوّض قيم التّجربة الأولى: $v_1 = 4 \times 10^{-5} = k[0.1]^x[0.1]^y \qquad (1)$

أعوّض قيم التّجربة الثّانية: $v_2 = 4 \times 10^{-5} = k[0.1]^x[0.2]^y \qquad (2)$

أعوّض قيم التّجربة الثّالثة: $v_3 = 16 \times 10^{-5} = k[0.2]^x[0.1]^y \qquad (3)$

أقسّم (1) على (2)، وأختصر $\dfrac{v_1}{v_2} = \dfrac{4 \times 10^{-5}}{4 \times 10^{-5}} = \dfrac{k[0.1]^x[0.1]^y}{k[0.1]^x[0.2]^y} \Rightarrow [0.2]^y = [0.1]^y$

أستنتج: $y = 0$

أقسّم (3) على (1)، وأختصر $\dfrac{v_3}{v_1} = \dfrac{16 \times 10^{-5}}{4 \times 10^{-5}} = \dfrac{k[0.2]^x[0.1]^y}{k[0.1]^x[0.1]^y}$

$$\Rightarrow 4 = \frac{[0.2]^x}{[0.1]^x} \Rightarrow 4 = 2^x \Rightarrow x = 2$$

أستنتج: $x = 2$

2. أكتب عبارة السّرعة اللّحظيّة: $v = k[A]^2[B]^0 \Longrightarrow v = k[A]^2$

$x + y = 2 + 0 = 2$ أستنتج أنّ التّفاعل من الرّتبة الثّانية.

3. أحسب k من خلال قيم إحدى التّجارب:

$$4 \times 10^{-5} = k[0.1]^2 \Longrightarrow k = \frac{4 \times 10^{-5}}{10^{-2}} = 4 \times 10^{-3}$$

أستنتج:

- **التّفاعلات الأوليّة: تفاعلات تتوافق فيها عبارة السّرعة اللّحظيّة مع معادلة التّفاعل المعطاة.**
- **التّفاعلات غير الأوليّة: تفاعلات تتمّ على عدّة مراحلَ لا تتوافق فيها عبارة السّرعة اللّحظيّة مع معادلة التّفاعل ، وتُعطى عبارة السّرعة للمرحلة الأبطأ.**
- **رتبة التّفاعل: مجموع أسس تراكيز الموادّ المتفاعلة في عبارة سرعة التّفاعل.**

• يوجد تفاعلاتٌ من الرّتبة (صفر، الأولى، الثانية .... الخ).

الرتبة صفر	الرتبة الأولى	الرتبة الثانية	الرتبة الثالثة
$v = k$	$v = k[A]$	$v = k[A]^2$ $v = k[A][B]$	$v = k[A]^3$ $v = k[A]^2[B]$ $v = k[A][B]^2$ $v = k[A][B][C]$

جدول يمثّل رُتَبَ التّفاعلات الكيميائيّة اعتماداً على عبارة سرعة التّفاعل

إضاءة

سرعة التّفاعل في التّفاعلات ذات الرّتبة صفر تتحدّد بمجموعة من العوامل، منها مساحة سطح التّماس، أو الحفّاز.

نشاط (13):

يحدث التّفاعُل الآتي في شروط مناسبة: $NO_{2(g)} + CO_{(g)} \longrightarrow NO_{(g)} + CO_{2(g)}$ وكانت النّتائج لقياس سرعة التّفاعل الابتدائيّة في عدّة تجارب بتراكيزَ مختلفة على الشّكل:

	$[NO_2]\,(mol.L^{-1})$	$[CO]\,(mol.L^{-1})$	$v\,(mol.L^{-1}.s^{-1})$
1	0.10	0.10	0.0021
2	0.20	0.10	0.0084
3	0.20	0.20	0.0084

والمطلوب:

1. اكتب عبارة سرعة التّفاعل اللّحظيّة، واستنتج رتبته.
2. احسب قيمة ثابت سرعة التّفاعل.

تعلّمت

- في التّفاعل الكيميائيّ: $mA \longrightarrow nB$
حيث n,m عدد المولات في المعادلة الموزونة
$v_{avg} = -\frac{1}{m}\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{1}{n}\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$ علاقة السّرعة الوسطيّة للتّفاعل

$v_{avg}(A) = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$ علاقة السّرعة الوسطيّة لاستهلاك المادّة A

$v_{avg}(B) = +\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$ علاقة السّرعة الوسطيّة لتشكّل المادّة B

- تقومُ نظريّة التّصادم على فرضيتين:
1. لحدوث تفاعل كيميائيّ يجب أن تتصادمَ دقائق الموادّ المتفاعلة (جزيئات أو ذرّات أو أيّونات) مع بعضها.
2. التّصادم شرطٌ لازمٌ وغيرُ كافٍ لحدوث التّفاعل، حيثُ يوجد تصادمات فعّالة وأخرى غيرُ فعّالة.

- شروط التّصادم الفعّال:
1. أن تأخذ دقائق الموادّ المتفاعلة وضعاً فراغيّاً مناسباً.
2. أن تمتلك دقائق الموادّ المتفاعلة الحدَّ الأدنى من الطّاقة اللّازمة لحدوث التّفاعل (طاقة التّنشيط).

- تمرّ التّفاعلات الكيميائيّة الّتي تحتاج إلى طاقة تنشيط بالمراحل الآتية:
1. إضعاف روابط جزيئات الموادّ المتفاعلة.
2. تشكّلِ الحالة الانتقاليّة، أو ما يسمّى المعقّد النّشط.
3. تفكّكِ المعقّد النّشط، وتشكّل النّواتج.

- العوامل المؤثّرة في سرعة التّفاعل:
1. طبيعةِ الموادّ المتفاعلة.
2. درجةِ الحرارة.
3. الوسيطِ.
4. تراكيزِ الموادّ المتفاعلة.

- **التّفاعلات الأوّليّة:** هي تفاعلاتٌ تتوافق فيها عبارة السّرعة اللّحظيّة مع معادلة التّفاعل المعطاة.

- **التّفاعلات غير الأوّليّة:** هي تفاعلاتٌ تتمّ على عدّة مراحل؛ لا تتوافق فيها عبارة السّرعة اللّحظيّة مع معادلة التّفاعل، وتُعطى عبارة السّرعة للمرحلة الأبطأ.

- **رتبة التّفاعل:** هي مجموع أسسِ تراكيز الموادّ المتفاعلة في عبارة سرعة التّفاعل.

أختبر نفسي

أولاً: اختر الإجابة الصّحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. قيمة السّرعة الوسطيّة لتكوّن المادّة C تساوي $0.15\ mol.L^{-1}.s^{-1}$ فتكون السّرعة الوسطيّة لاستهلاك المادّة A بواحدة $mol.L^{-1}.s^{-1}$ في التّفاعل الآتي: $2A + B \longrightarrow 3C$ مساويةً:

a. 0.1 **b.** 0.225 **c.** 0.15 **d.** 0.3

2. يتفكّك المركّب NO_2 في الدّرجة $300^\circ C$ وفق التّفاعل: $2NO_2 \longrightarrow 2NO + O_2$، فإذا علمت أنّ تركيز NO_2 يتغيّر من $0.01\ mol.L^{-1}$ إلى $0.0064\ mol.L^{-1}$ خلال $100s$، فتكون سرعة تشكّل الأكسجين الوسطية مقدّرة بـ $mol.L^{-1}.s^{-1}$ مساوية:

a. 3.4×10^{-5} **b.** 6.8×10^{-5} **c.** 3.4×10^{-3} **d.** 1.8×10^{-5}

3. تمّ زيادة تراكيز الموادّ المتفاعلة إلى مثلي ما كان عليه في التّفاعل ($A + B \longrightarrow$ نواتج) ولم تتغيّر سرعة التّفاعل، فتكون عبارة سرعة التّفاعل.

a. $v = k[A]$ **b.** $v = k[A].[B]$ **c.** $v = k$ **d.** $v = k[B]$

4. من أجل التّفاعل الأوّلي الآتي: $3A_{(g)} + B_{(g)} \longrightarrow$ نواتج
إذا ازداد تركيز المادّة A مثلي ماكان عليه فإنّ سرعة التّفاعل:

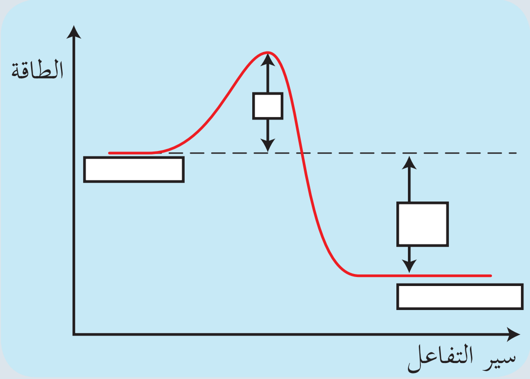
a. تزداد أربع مرّات **b.** تزداد ثماني مرّات **c.** تزداد مرّتين مرّات **d.** لا تتأثّر سرعة التّفاعل

ثانياً: أعطِ تفسيراً علميّاً لكلّ ممّا يأتي:

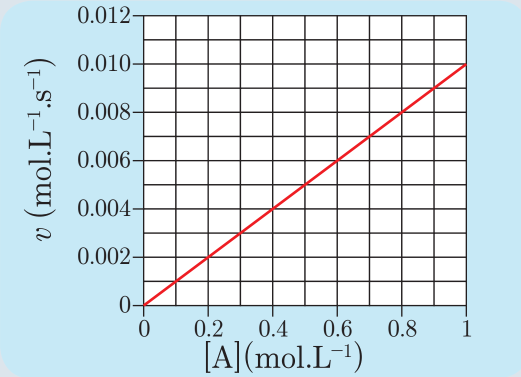
1. احتراق مسحوق الفحم أسرعُ من احتراق قطعة فحمٍ مماثلة له بالكتلة وبشروط مماثلة.
2. تؤدّي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة سرعة التّفاعل.
3. تزداد سرعة التّفاعل بزيادة تركيز الموادّ المتفاعلة.
4. التّفاعلات الّتي تحتاج إلى طاقة تنشيط منخفضة تميل إلى أن تكونَ سريعةً.

ثالثاً: حلّ الأسئلة الآتية:

1. يبيّن المخطّط الآتي تغيّر الطّاقة خلال مراحل حدوث التّفاعل: بيّن اسمَ كلّ مرحلة، والطاقة المُشار إليها.



2. يبيّن الخط البياني المجاور تغيّر سرعة التّفاعل بتغيّر تركيز المادّة A للتّفاعل (نواتج ⟵ A)، المطلوب:



a. حدّد رتبة التّفاعل، ثمّ اكتب قانون سرعة التّفاعل.

b. احسب قيمة ثابت سرعة التّفاعل.

3. يتفاعل غاز الهدروجين وغاز الكلور وفق المعادلة:

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl(g)$$

a. اكتب عبارة السّرعة الوسطيّة لاستهلاك غاز الكلور.

b. اكتب العلاقة بين السّرعة الوسطيّة لاستهلاك غاز الهدروجين والسّرعة الوسطيّة لتشكّل غاز كلور الهدروجين.

رابعاً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

يحدث التّفاعل الآتي في شروط مناسبة: $C_4H_{8(g)} \longrightarrow 2C_2H_{4(g)}$، وقد تمّ تعيين تغير تركيز المركّب C_4H_8 خلال الزّمن وفق الجدول الآتي:

$[C_4H_{8(g)}](mol.L^{-1})$	1.00	0.91	0.83	0.76	0.69	0.63
$t(s)$	0	10	20	30	40	50

والمطلوب:

1. اكتب عبارة سرعة استهلاك المادة المتفاعلة وعبارة سرعة تشكّل المادة النّاتجة.
2. اكتب عبارة السّرعة الوسطيّة للتفاعل.
3. احسب السّرعة الوسطيّة لاستهلاك $C_4H_{8(g)}$ بين اللحظتين s $(0 \longrightarrow 10)$ واللحظتين s $(40 \longrightarrow 50)$.
4. احسب السّرعة الوسطيّة لتشكّل C_2H_4 بين اللحظتين s $(20 \longrightarrow 30)$.

المسألة الثّانية:

مزج 600 mL من المادّة A ذات التّركيز $0.8\,mol.L^{-1}$ مع 200 mL من المادّة B ذات التّركيز $0.8\,mol.L^{-1}$ لتتشكّل المادّة C في شروط مناسبة، وفق التّفاعل الأوّليّ الآتي:

$$3A_{(aq)} + B_{(aq)} \longrightarrow 2C_{(aq)}$$

والمطلوب:

1. اكتب عبارة سرعة التفاعل.
2. احسب سرعة التّفاعل الابتدائيّ بفرض أن $k = 0.1$.
3. احسب تركيز المادّة C وسرعة التّفاعل عندما يتفاعل 20% من المادّة A.
4. احسب سرعة التّفاعل عندما يصبح تركيز المادة C مساوياً $0.2\,mol.L^{-1}$.
5. احسب تراكيز المواد A,B,C عند توقف التّفاعل.

المسألة الثّالثة:

يبيّن الجدول الآتي تغير سرعة التّفاعل الابتدائيّة للتّفاعل نواتج $\longrightarrow xA_{(g)}$ عند تراكيز مختلفة.

$[A](mol.L^{-1})$	0.1	0.2	0.4
$v_0(mol.L^{-1}.s^{-1})$	0.008	0.016	0.032

والمطلوب:

1. أثبت أنّ التّفاعل من الرّتبة الأولى، واكتب عبارة سرعة التّفاعل.
2. احسب ثابت سرعة التّفاعل.

المسألة الرَّابعة:

يتفاعل أكسيد النّتروجين مع الهدروجين وفق المعادلة:

$$xNO_{(g)} + yH_{2(g)} \longrightarrow \text{نواتج}$$

وسُجّلت على البيانات الآتية عند إجراء التّجربة لعدّة مرّات.

رقم التجربة	$[H_2]\ mol.L^{-1}$	$[NO]\ mol.L^{-1}$	سرعة التفاعل $mol.L^{-1}.s^{-1}$
1	0.1	0.1	1.23×10^{-3}
2	0.2	0.1	2.46×10^{-3}
3	0.1	0.2	4.92×10^{-3}

المطلوب:

1. أوجد علاقة سرعة التّفاعل اللّحظيّة، وحدّد رتبة التّفاعل.
2. احسب قيمة ثابت السرعة.
3. احسب سرعة التّفاعل عندما يكون $[H_2] = 0.15\ mol.L^{-1}, [NO] = 0.05\ mol.L^{-1}$

تفكير ناقد

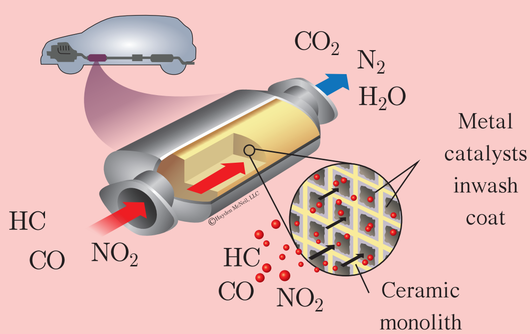
يحدث التفاعل الآتي: $H_2O_{2(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$ في شروط مناسبة، وقد قيست سرعة التفاعل الابتدائية عند التراكيز الآتية فحصلنا على ما يلي:

التجربة	$[H_2O_2]\ mol.L^{-1}$	$v_0(mol.L^{-1}.s^{-1})$
1	0.1	2×10^{-2}
2	0.2	4×10^{-2}

- أثبت أن التفاعل من الرتبة الأولى.
- أحسب ثابت سرعة التفاعل.
- بفرض أن التركيز الابتدائي لـ $[H_2O_2] = 0.1\ mol.L^{-1}$ ما هو الزمن اللازم ليصبح تركيز $[H_2O_2] = 0.001\ mol.L^{-1}$

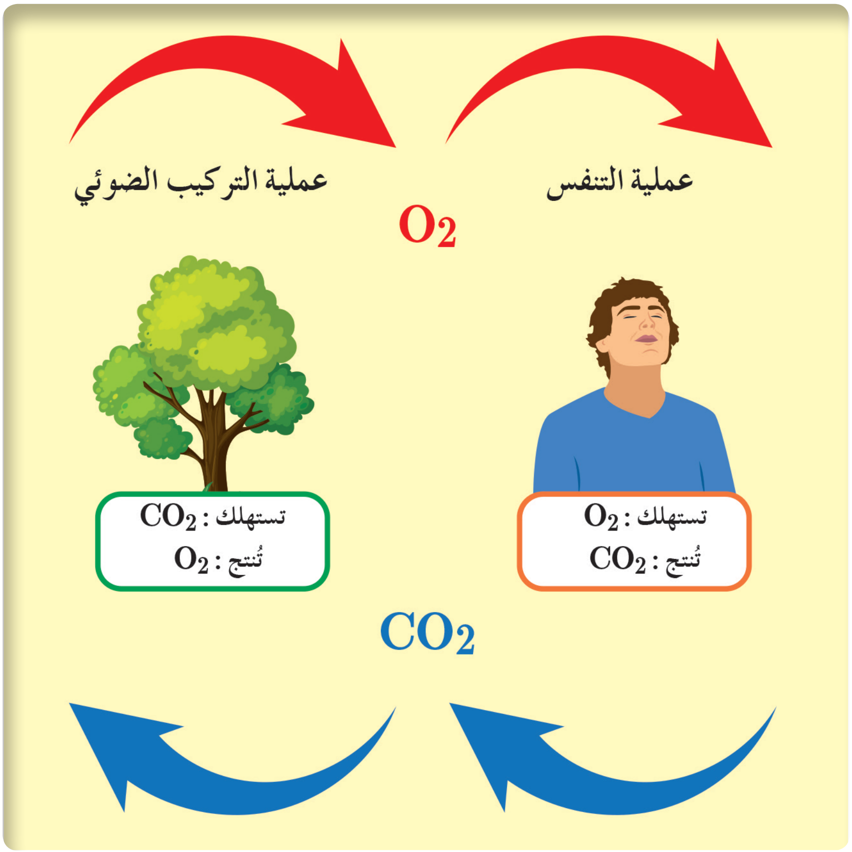
أبحث أكثر

تزوّد عوادم السّيارات الحديثة بحفّازاتٍ مطليّة بالبالاديوم أو البلاتين تعمل هذه الحفّازات على تفكيك الجزيئات الضّارّة والملوثة للبيئة النّاتجة عن احتراق الوقود وتحويلِها إلى موادّ غيرِ ضارّة ابحث في ذلك مستعينا بمكتبة مدرستك أو بالشابكة.



التّوازنُ الكيميائيُّ

3-2



يُستَهلك الأكسجين في عمليّتي التّنفس والاحتراق، إلا أنَّ نسبته تبقى ثابتة في الجوّ تقريباً، وذلك بفعل إنتاجه المستمرّ، من خلال عمليّة التّركيب الضّوئي الّتي تقوم بها النّباتات الخضراء، مستهلكة في ذلك غاز ثنائي أكسيد الكربون النّاتج عن التّنفّس والاحتراق، وهذا يمثّل جزءاً هاماً من التّوازن الطّبيعيّ للبيئة.

الأهداف:

* يتعرّف التّفاعل التّامّ والتّفاعل المتوازن.
* يفهم حالة التّوازن.
* يستنتج علاقة ثابت التّوازن بدلالة التّراكيز K_c.
* يتعرّف علاقة ثابت التّوازن بدلالة الضّغط K_P.
* يبيّن أهمية ثابت التّوازن K_c.
* يحسب قيمة ثابت التّوازن لبعض التّفاعلات الكيميائيّة.
* يبيّن أهمّيّة ثابت التّوازن.
* يتعرّف حاصل التّفاعل Q.
* يتعرّف العوامل المؤثرة في حالة التّوازن.

الكلمات المفتاحية:

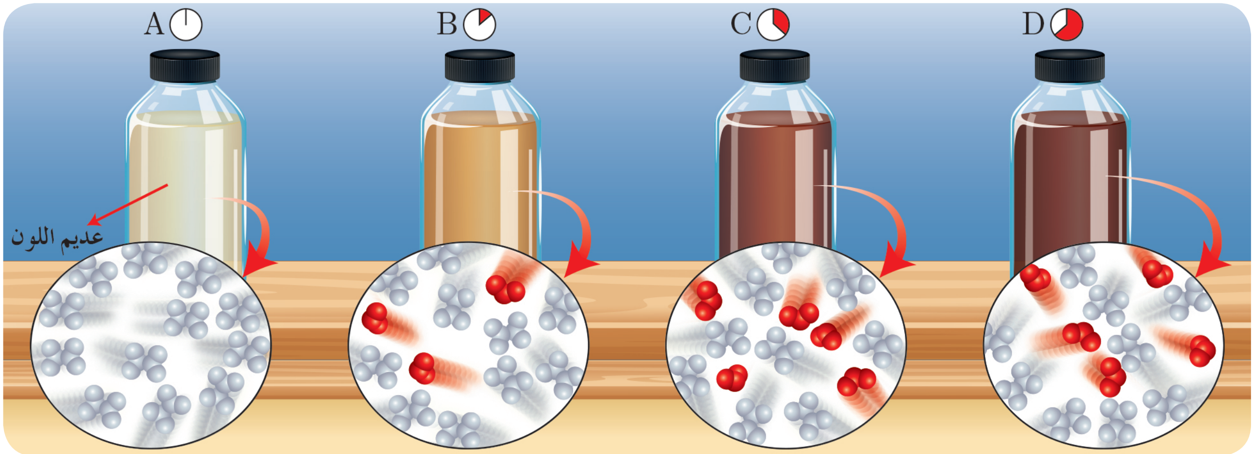
* حالة التّوازن
* ثابت التّوازن بدلالة التّراكيز
* حاصل التّفاعل
* ثابت التّوازن بدلالة الضّغوط الجزئيّة
* مبدأ لوشاتوليه

حالة التّوازن:

نشاط (1):

ألاحظ:

يتفكّك غاز $N_2O_{4(g)}$ عديم اللّون بالتّسخين إلى غاز $NO_{2(g)}$ ذي اللّون البنّي كما في الصّور الآتية:



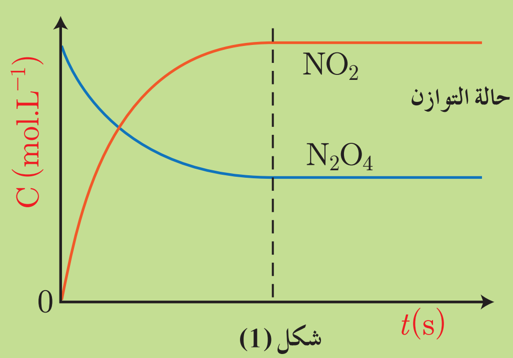
1. هل جزيئات الغاز متماثلة في النّوع والعدد في الصّورتين A,D ؟
2. ما سبب ثبات اللّون في الصّورتين C,D بمرور الزّمن؟
3. هل التّفاعل الحاصل تامّ أم متوازن؟ أفسّر ذلك.
4. أكتب معادلة التّفاعل الحاصل.

أستنتج:

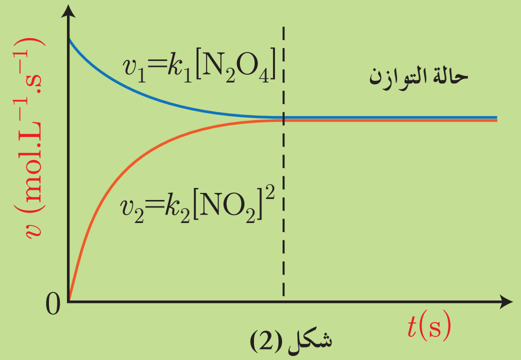
- وجود نوعين من الجزيئات في الصّورة D يدل على أنَّ التّفاعل غير تام.
- ثبات اللّون في الصّورتين C,D يدلّ على ثبات تركيز المادّة المتفاعلة والمادّة النّاتجة بمرور الزّمن.
- يحدث التّفاعل وفق المعادلة الآتية: $N_2O_{4(g)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftharpoons}} 2NO_{2(g)}$.

ألاحظ:

يمثّل الشّكل 1 تغيّر تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة بدلالة الزّمن والشّكل 2 يمثّل تغيّر سرعتي التّفاعل المباشر والعكسيّ بدلالة الزّمن.



شكل (1)



شكل (2)

1. كيف يتغيّر تركيز كلٍّ من المواد المتفاعلة والمواد النّاتجة في التّفاعل المتوازن.
2. أحدّد العلاقة بين سرعتي التّفاعل المباشر والعكسيّ عند ثبات التّراكيز.
3. أسمي الحالة الّتي تثبت فيها تراكيز المواد المتفاعلة والمواد النّاتجة.

أستنتج:

- ينقص تركيز المادّة المتفاعلة ويزداد تركيز المادّة النّاتجة بمرور الزّمن، وتثبت عند بلوغ حالة التّوازن.
- ثبات التّركيزين يدلّ على تساوي سرعتي التّفاعلين: المباشر v_1 والعكسيّ v_2 وتسمّى حالة التّوازن.

نتيجة:

يحدث التّوازن الكيميائيّ عندما تثبت تراكيز المواد المتفاعلة وتراكيز المواد النّاتجة وتتساوى سرعة التّفاعل المباشر مع سرعة التّفاعل العكسيّ.

نشاط (2):

يسمّى التّوازن في حالة التّفاعلات الكيميائيّة بالتّوازن الحركيّ، فسّر ذلك.

ثابت التّوازن الكيميائيّ:

تطبيق (1):

أستنتج عبارة ثابت التّوازن للتّفاعل الآتي، باعتبار التّفاعل المباشر والعكسيّ أوّليّان: $mA + nB \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftharpoons}} pC + qD$

الحل:

أكتب عبارة سرعة التّفاعل المباشر، وعبارة سرعة التّفاعل العكسيّ: $v_1 = k_1[A]^m[B]^n$, $v_2 = k_2[C]^p[D]^q$

عند التّوازن: $v_1 = v_2 \Leftarrow k_2[C]^p[D]^q = k_1[A]^m[B]^n$

من خواصّ التّناسب: $\frac{[C]^p[D]^q}{[A]^m[B]^n} = \frac{k_1}{k_2}$ حيث أنّ النّسبة $\frac{k_1}{k_2}$ مقدار ثابت نرمز له بـ K_c.

ثابت التّوازن الكيميائيّ بدلالة التّراكيز: $K_c = \frac{[C]^p[D]^q}{[A]^m[B]^n}$

نشاط (3):

يتفاعل غاز أحاديّ أكسيد الكربون مع غاز الكلور لتكوين غاز الفوسجين عندَ درجة حرارة ثابتة، وفق المعادلة الآتية: $CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \underset{\text{عكسي}}{\overset{\text{مباشر}}{\rightleftharpoons}} COCl_{2(g)}$

يمثّل الجدول الآتي تراكيز التّوازن لأربع تجارب مختلفة للتّفاعل السّابق مقدّرة $mol.L^{-1}$.

رقم التجربة	$[COCl_{2(g)}]$	$[Cl_{2(g)}]_{eq}$	$[CO_{(g)}]_{eq}$	K_c
1	0.79	0.21	1.21	----------
2	3.11	1.00	1.00	----------
3	0.575	0.43	0.43	----------

احسب قيمة K_c لكلّ من التّجارب السّابقة، ماذا تستنتج؟

نتيجة:

ثابت التّوازن الكيميائيّ عند درجة حرارة معيّنة يساوي نسبة جداء تراكيز المواد النّاتجة إلى جداء تراكيز المواد المتفاعلة عند التوازن وكلٌّ منها مرفوع إلى الأسّ الّذي يساوي عدد الأمثال التّفاعليّة المشاركة بها في المعادلة الموزونة (عدد المولات).
في التّفاعلات الغازيّة يمكن التّعبير عن تراكيز الغازات بدلالة الضّغوط الجزئيّة مقدَّرة بـ atm وبالتّالي تعطى عبارة ثابت التّوازن بدلالة الضّغوط الجزئيّة بالعلاقة: $K_P = \frac{P^p_{(C)} . P^q_{(D)}}{P^m_{(A)} . P^n_{(B)}}$

ملاحظات:

- إنّ K_c و K_P مقداران ثابتين ليس لهما واحدة.
- المواد الصّلبة (s) والسّائلة (l) كمذيب فقط لا تظهر في عبارة ثابت التّوازن لأنَّ تراكيزها تبقى ثابتة مهما اختلفت كمّيّتها.
- قيمة K_c و K_P لتفاعلٍ محدّد لا تتغيّر إلا بتغيّر درجة الحرارة.

نشاط (4):

عند مزج حجمين متساويين من غازي الهدروجين وبخار اليود ذي اللّون البنفسجيّ في شروط مناسبة، يُلاحظ تضاؤل اللّون البنفسجي ثمّ ثباته، اكتب المعادلة الكيميائيّة المعبّرة عن التّفاعل الحاصل مفسّراً بقاء اللّون البنفسجي ،ثمّ اكتب عبارة كلّ من K_c و K_P .

العلاقة بين K_C وَ K_P

تعطى العلاقة بين قيمة ثابتي التّوازن بدلالة التّراكيز والضّغوط الجزئيّة: $K_P = K_C (RT)^{\Delta n}$
$\Delta n = n_2 - n_1$ الفرق بين عدد المولات الغازيّة النّاتجة، n_2 وعدد المولات الغازيّة المتفاعلة n_1.

تطبيق (2):

أكتبُ علاقة ثابت التّوازن K_c و K_P ، ثمّ اكتب العلاقة بينهما للتّفاعل المتوازن الآتي: $C_{(s)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)}$

$K_C = \frac{[CH_4]}{[H_2]^2}$	$K_P = \frac{P_{(CH_4)}}{P^2_{(H_2)}}$	$\Delta n = 1 - 2 = -1$ $K_P = K_C (RT)^{-1}$ $K_P = \frac{K_C}{(RT)}$

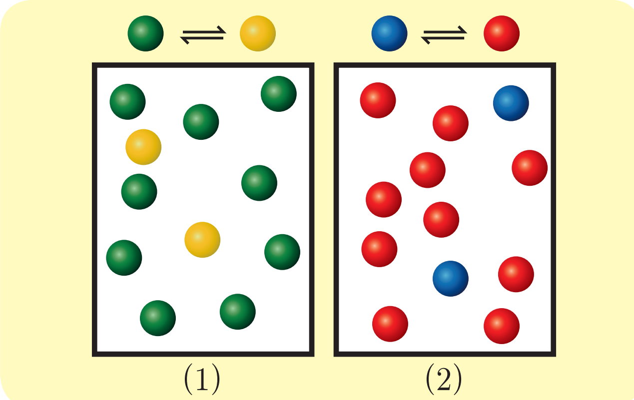
نشاط (5):

اكتبُ علاقة ثابت التّوازن K_c و K_P ، ثمّ اكتب العلاقة بينهما للتفاعل الآتي: $H_{2(g)} + S_{(s)} \rightleftharpoons H_2S_{(g)}$

أهمية ثابت التّوازن:

نشاط (6):

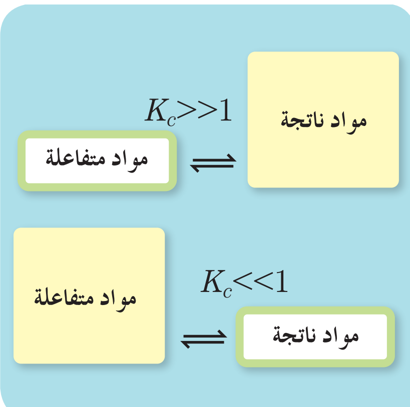
ألاحظ الشّكلين الآتيين الذين يمثّلا حالة توازن:



1. أقارن بين كميّة المواد المتفاعلة وكميّة المواد النّاتجة في كلّ من الشّكلين.
2. أقارن بين قيمة K_c في كلّ من التّفاعلين.
3. على ماذا تدل قيمة K_c.

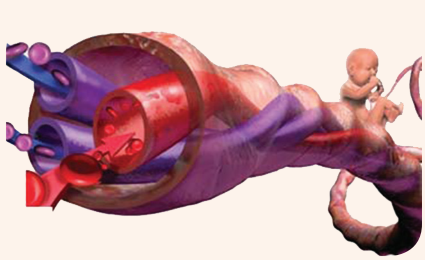
أستنتج:

- تُبيّن قيمة ثابت التّوازن لتفاعلٍ ما، مدى تحوّل المواد المتفاعلة إلى نواتج عند حدوث التّوازن.
- إذا كانت قيمته كبيرة $Kc \gg 1$ فالتّفاعل يحدث إلى مدى كبير في الاتّجاه المباشر.
- إذا كانت قيمته صغيرة $Kc \ll 1$ فالتّفاعل لا يحدث إلى مدى كبير في الاتّجاه المباشر.



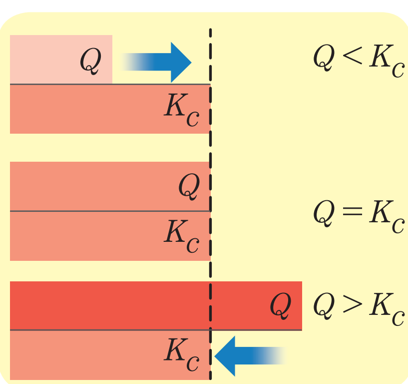
إثراء:

يحصل الجنين المتكوّن داخل الرحم على الأكسجين من دم الأم لأن ثابت التوازن للأكسجين المتفاعل مع هيموغلوبين دم الطفل أكبر من ثابت التوازن للتفاعل بين الأكسجين وهيموغلوبين دم الأم.



حاصل التّفاعل Q

تُماثل عبارة حاصل التّفاعل Q عبارة ثابت التّوازن K_C حيث تُؤخذ التّراكيز في لحظة ما (دون شرط الوصول لحالة التّوازن)، ونميّز ثلاث حالات:



- $Q < K_C$ تراكيز المواد النّاتجة أقل من تراكيزها في حالة التّوازن K_C، يرجح التّفاعل المباشر على التّفاعل العكسيّ للوصول إلى حالة التّوازن.
- $Q = K_C$ التّفاعل في حالة توازن.
- $Q > K_C$ تراكيز المواد النّاتجة أكبر من تراكيزها في حالة التّوازن، يرجح التّفاعل العكسيّ على التّفاعل المباشر للوصول إلى حالة التّوازن.

تطبيق (2):

تبلغ قيمة ثابت التّوازن $K_C = 50.5$ عند الدّرجة $440^{\circ}C$ للتّفاعل الآتي: $I_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$، فإذا وضع $4 \times 10^{-2}mol$ من $HI_{(g)}$ مع $10^{-2}mol$ من $H_{2(g)}$ و $2 \times 10^{-2}mol$ من $I_{2(g)}$ في وعاء سِعَتَهُ 2L. المطلوب:

1. **أحسب حاصل التّفاعل Q.**
2. **أحدّد التّفاعل الرّاجح (المباشر / العكسيّ)، مع التّعليل.**

الحل:

1. $C = \frac{n}{V} \Rightarrow [HI] = \frac{4 \times 10^{-2}}{2} = 2 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$

$$[H_2] = \frac{10^{-2}}{2} = 5 \times 10^{-3} mol.L^{-1}$$

$$[I_2] = \frac{2 \times 10^{-2}}{2} 10^{-2} mol.L^{-1}$$

$$Q = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(2 \times 10^{-2})^2}{(5 \times 10^{-3})(10^{-2})} = 4$$

2. التفاعل لم يصل إلى حالة التّوازن لأنَّ $Q \neq K_c$، والتَّفاعل المباشر هو الرَّاجح لأن $Q < K_c$.

العوامل المؤثّرة في حالة التّوازن:

يلجأ الكيميائيّون إلى زيادة مردود بعض التّفاعلات المتوازنة مثل زيادة كمّيّة النّشادر النّاتج من تفاعل غازَي النّتروجين والهدروجين بحدوث بعض التغيّرات بتأثير عوامل خارجيّة. ومن هذه التغيّرات تغيّر التّراكيز أو تغيّر الضّغوط الجزئيّة أو تغيّر درجة حرارة التّفاعل.

درس العالم لوشاتوليه التّغيرات التي تؤثّر في حالة التّوازن الكيميائيّ، ووضع قاعدة تنصُّ على ما يلي:

إذا حدث تغيّر في أحد العوامل المؤثرة في جملة كيميائيّة متوازنة مثل: درجة الحرارة أو التّركيز أو الضّغط ... يختلّ التّوازن، فيرجح التّفاعل في الاتّجاه الذي يعاكس فيه هذا التغيّر.

أ. تأثير تغيّر التّراكيز:

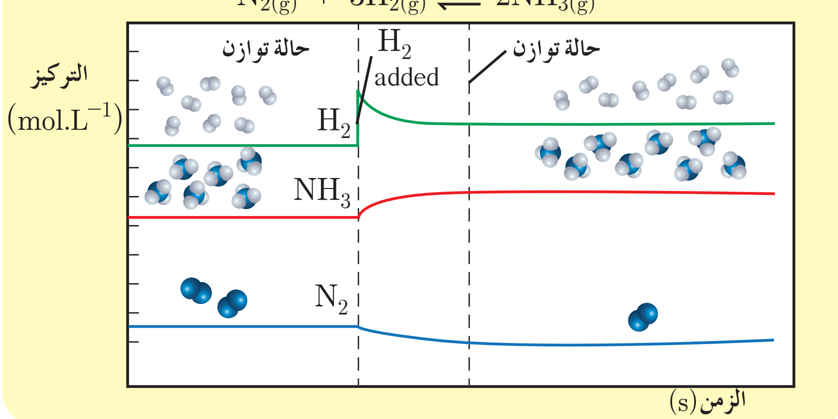
نشاط (7):

ألاحظ الشّكل المجاور وأجيب:

ما تأثير زيادة كميّة الهدروجين على:

- **حالة التّوازن.**
- **كميّة النّشادر.**
- **كميّة النّتروجين.**

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$



أستنتج:

- عند إضافة كمّيّة من الهدروجين، يختلّ التّوازن فيرجح التّفاعل المباشر على التّفاعل العكسيّ حتّى بلوغ حالة توازن جديدة.
- تزداد كميّة النّشادر.
- تقلّ كميّة النّتروجين.

نتيجة:

- عند زيادة تركيز إحدى مواد الجملة المتوازنة يختلّ التّوازن، فيرجَّح التّفاعل في الاتّجاه الذي يُنقِص فيه تركيز هذه المادّة.
- عند نقصان تركيز إحدى مواد الجملة المتوازنة يختلّ التّوازن، فيرجَّح التّفاعل في الاتّجاه الذي يزداد فيه تركيز هذه المادّة.

تطبيق (3):

يحدث التّفاعل المتوازن في شروط مناسبة والممثّل بالمعادلة الآتية: $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$

المطلوب:

1. **ما تأثير زيادة تركيز PCl_5 على حالة التّوازن؟**
2. **ما تأثير زيادة تركيز Cl_2 على حالة التّوازن؟**
3. **ما تأثير إنقاص تركيز PCl_3 على حالة التّوازن؟**

الحل:

1. عند زيادة تركيز PCl_5 يختلّ التّوازن، فيرجَّح التّفاعل في الاتّجاه المباشر ممّا ينقص من تركيز PCl_5.
2. عند زيادة تركيز Cl_2 يختلّ التّوازن، فيرجَّح التّفاعل في الاتّجاه العكسيّ لإنقاص تركيز Cl_2.
3. عند إنقاص تركيز PCl_3 يختلّ التّوازن، فيرجَّح التّفاعل في الاتّجاه المباشر لزيادة تركيز PCl_3.

نشاط (8):

يحدث التّفاعل المتوازن الممثّل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:

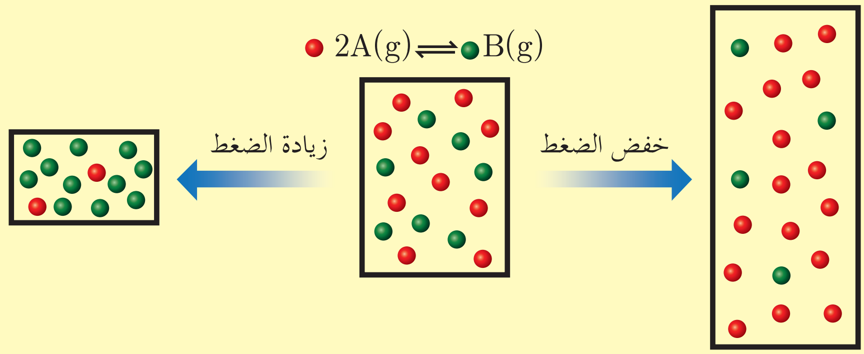
$$NO_{2(g)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + NO_{(g)}$$

المطلوب: أكمل الجدول الآتي:

التأثير على / التغيّر	حالة التوازن	كميات المواد المتفاعلة	كميات المواد الناتجة	قيمة ثابت التوازن
زيادة كمية NO_2				
نقصان كمية NO				
زيادة كمية CO_2				
نقصان كمية CO				

٢. تأثير تغيّر الضغط:

ألاحظ التّفاعل الممّثل بالشّكل الآتي وأجيب:



ما أثر زيادة الضّغط على:

1. حالة التّوازن 2. كميّة المواد المتفاعلة 3. كميّة المواد النّاتجة.

ما أثر خفض الضّغط على:

1. حالة التّوازن 2. كميّة المواد المتفاعلة 3. كميّة المواد النّاتجة.

ما العلاقة بين رجحان التفاعل وعدد المولات (الأمثال التفاعلية) في التفاعل السابق؟

أستنتج:

- عند خفض الضَّغط يختلّ التّوازن فيرجّح التّفاعل العكسيّ أي باتّجاه عدد المولات الغازيّة الأكثر فتزداد كميّة المواد المتفاعلة وتنقص كميّة المواد النّاتجة حتّى بلوغ حالة توازن جديدة.
- عند زيادة الضّغط يختلّ التّوازن فيرجّح التّفاعل المباشر أي باتّجاه عدد المولات الغازيّة الأقلّ فتزداد كميّة المواد النّاتجة وتنقص كميّة المواد المتفاعلة حتّى بلوغ حالة توازن جديدة.

نشاط (9):

يحدث التّفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة: $H_2O_{2(g)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftharpoons}} H_2O_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$

المطلوب: أكمل الجدول الآتي:

التأثير على / التغيّر	حالة التوازن	كميات المواد المتفاعلة	كميات المواد الناتجة	قيمة ثابت التوازن
زيادة الضغط				
نقصان الضغط				

نشاط (10):

في التّفاعل المتوازن الآتي:

$$2HI_{(g)} \longrightarrow H_{2(g)} + I_{2(g)}$$

بيّن أثر زيادة الضّغط الكلي على حالة التّوازن، فسّر إجابتك.

نتيجة:

- زيادة الضّغط يرجح التّفاعل باتّجاه عدد المولات الغازيّة الأقل.
- نقصان الضّغط يرجح التّفاعل باتّجاه عدد المولات الغازيّة الأكثر.
- إذا كان عـدد المـولات الغازيّـة متسـاوياً فـي طرفـي المعادلـة لا يؤثـر تغيّـر الضّغـط على حالـة التّـوازن.

إثراء:

تحضّر المياه الغازية عن طريق تعريض سطح الماء لغاز ثنائـي أكسـيد الكربـون تحـت ضغـط مرتفـع حتـى يقـوم الماء بامتصاص الغاز وفق التفاعل:

$$CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)}$$

عنـد فتـح القـارورة نلاحـظ خـروج الغـاز بسـبب رجحـان التفاعـل العكسـي



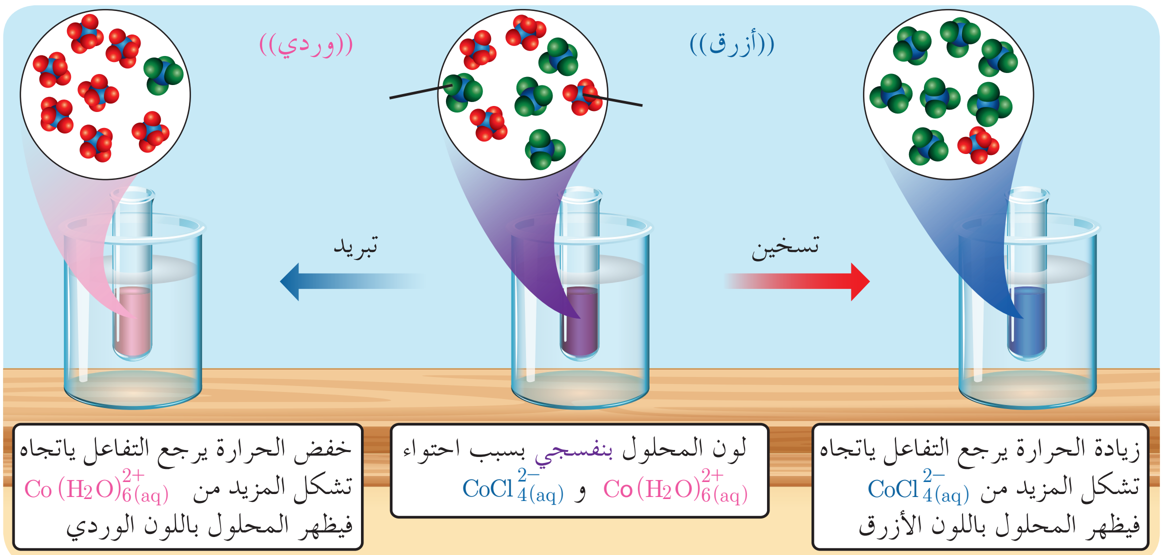
٣. تأثير تغيّر درجة الحرارة:

نميّز نوعين من التّفاعلات:

1. التّفاعلات النّاشرة للحرارة $\Delta H^\circ_{rxn} < 0$
2. التّفاعلات الماصّة للحرارة $\Delta H^\circ_{rxn} > 0$

نشاط (11):

ألاحظ الشّكل الآتي وأجيب $\Delta H_{rxn} > 0$ $\quad Co(H_2O)^{2+}_{6(aq)} + 4Cl^-_{(aq)} \underset{\text{ناشر}}{\overset{\text{ماص}}{\rightleftharpoons}} CoCl^{2-}_{4(aq)} + 6H_2O_{(l)}$



ما تأثير زيادة درجة الحرارة على:

1. حالة التّوازن.
2. كميّة المواد المتفاعلة.
3. كميّة المواد النّاتجة.

ما تأثير خفض درجة الحرارة على:

1. حالة التوازن.
2. كميّة المواد المتفاعلة.
3. كميّة المواد الناتجة.

أستنتج:

- **عند زيادة درجة الحرارة يختلّ التّوازن فيرجّح التّفاعل المباشر (الماصّ للحرارة) فتزداد كميّة المواد النّاتجة وتنقص كمّيّة المواد المتفاعلة.**
- **عند خفض درجة الحرارة يختلّ التّوازن فيرجّح التّفاعل العكسيّ (النّاشر للحرارة) فتزداد كمّيّة المواد المتفاعلة وتنقص كميّة المواد النّاتجة.**

نتيجة:

- زيادة درجة الحرارة يختلّ التّوازن فيرجّح التّفاعل الماصّ للحرارة.
- خفض درجة الحرارة يختلّ التّوازن فيرجّح التّفاعل النّاشر للحرارة.
- عندما يرجّح التّفاعل المباشر بتأثير تغيّر درجة الحرارة تزداد قيمة ثابت التّوازن بسبب زيادة كمّيّة المواد النّاتجة ونقصان كمّيّة المواد المتفاعلة.
- –عندما يرجح التّفاعل العكسي بتأثير تغيّر درجة الحرارة تنقص قيمة ثابت التّوازن بسبب نقصان كمّيّة المواد النّاتجة وزيادة كمّيّة المواد المتفاعلة.

تطبيق (4):

يحدث التّفاعل المتوازن الممثّل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:

$$2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \quad \Delta H = -198kJ$$

المطلوب أكمل الجدول الآتي:

التأثير على / التغيّر	حالة التوازن	كميات المواد المتفاعلة	كميات المواد الناتجة	قيمة ثابت التوازن
زيادة درجة الحرارة	يرجح التفاعل بالاتجاه العكسي.	تزداد	تقل	تقل
خفض درجة الحرارة	يرجح التفاعل بالاتجاه المباشر.	تقل	تزداد	تزداد

نشاط (12):

يحدث التَّفاعل المتوازن الممثّل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:

$$2NH_{3(g)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftharpoons}} N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \quad \Delta H = +91.54\ k.J$$

المطلوب أكمل الجدول الاتي:

التأثير على / التغيّر	حالة التوازن	كميات المواد المتفاعلة	كميات المواد الناتجة	قيمة ثابت التوازن
رفع درجة الحرارة				
خفض درجة الحرارة				

٤. تأثير الحفّاز في التّوازن:

عند إضافة حفاز إلى تفاعل متوازن تزداد سرعة التّفاعل المباشر وبالمقدار نفسه سوف تزداد سرعة التّفاعل العكسيّ أي أنّه يسرّع الوصول إلى حالة التّوازن ولا يؤثر على قيمة ثابت التّوازن.

حساب قيمة ثابت التّوازن من خلال المعادلات :

إذا ضربت معادلة تفاعل بمعامل ما (رقم ما مثلا) فإن ثابت التّوازن الجديد يُرفع الى أُسِّ يساوي ذلك المعامل.

$$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} + D_{(g)} \quad K_{C1}$$

$$nA_{(g)} + nB_{(g)} \rightleftharpoons nC_{(g)} + nD_{(g)} \quad K_{C2} = (K_{C1})^n$$

إذا عكس التّفاعل فإنَّ قيمة ثابت التّوازن الجديد يساوي مقلوب قيمة ثابت التَّوازن الأوَّل.

$$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} + D_{(g)} \quad K_{C1}$$

$$C_{(g)} + D_{(g)} \rightleftharpoons A_{(g)} + B_{(g)} \quad K_{C2} = \frac{1}{K_{C1}}$$

تطبيق (5):

إذا علمتَ أنَّ قيمة $K_C = 0.36$ للتَّفاعل: $N_2O_{4(g)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftharpoons}} 2NO_{2(g)}$

المطلوب: أحسب K_C لكلّ من التَّفاعلين الآتيين:

$$\frac{1}{2}N_2O_{4(g)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftharpoons}} NO_{2(g)} \quad K_{c_1}$$

$$2NO_{2(g)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftharpoons}} N_2O_{4(g)} \quad K_{c_2}$$

الحل:

$$K_{c_1} = (K_c)^{\frac{1}{2}} = (0.36)^{\frac{1}{2}} = 0.6$$

$$K_{c_2} = \frac{1}{K_c} = \frac{1}{0.36} = 2.8$$

ثابت التّوازن لتفاعل يساوي جداء ثوابت التّوازن للمراحل التي تشكّل هذا التّفاعل.

$$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} + D_{(g)} \quad K_{C1}$$

$$C_{(g)} + F_{(g)} \rightleftharpoons G_{(g)} + A_{(g)} \quad K_{C2}$$

$$B_{(g)} + F_{(g)} \rightleftharpoons G_{(g)} + D_{(g)} \quad K_C = K_{C1} \times K_{C2}$$

تطبيق (6):

أحسب ثابت التوازن بدلالة التراكيز K_c للتفاعل: $CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$

اعتماداً على التفاعلات: $K_{C_1} = 1.47 \quad Fe_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons FeO_{(s)} + CO_{(g)}$

$K_{C_2} = 2.38 \quad Fe_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons FeO_{(s)} + H_{2(g)}$

الحل:

تبقى المعادلة الأولى كما هي وتُعكس الثانية:

$$Fe_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons FeO_{(s)} + CO_{(g)} \quad K_{C_1} = 1.47$$

$$FeO_{(s)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons Fe_{(s)} + H_2O_{(g)} \quad K'_{C_2} = \frac{1}{K_{c_2}} = \frac{1}{2.38}$$

$$CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \Longrightarrow K_c = K_{C_1} \times K'_{C_2} = 1.47 \times \frac{1}{2.38} = \frac{147}{238}$$

تطبيق (7):

مُزج 2 mol من الهدروجين H_2 مع 3 mol من اليود I_2 في وعاء مغلق سعته 10 L، وكانت كمّيّة يود الهدروجين HI عند التّوازن 3.6 mol، أحسب قيمة ثابت التّوازن Kc للتفاعل المتوازن الآتي:

$I_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ ما قيمة K_P ؟

الحل:

تبقى المعادلة الأولى كماهي ونعكس الثانية:

$$[I_2]_0 = \frac{n}{V} = \frac{3}{10} = 0.3\,mol.L^{-1} \quad , \quad [H_2]_0 = \frac{n}{V} = \frac{2}{10} = 0.2\,mol.L^{-1}$$

$$[HI]_{eq} = \frac{3.6}{10} = 0.36\,mol.L^{-1}$$

$I_{2(g)}$	+	$H_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2HI_{(g)}$
0.3		0.2		0
$0.3 - x$		$0.2 - x$		$2x$

$$2x = 0.36\,mol.L^{-1} \Longrightarrow x = 0.18\,mol.L^{-1}$$

$$\Longrightarrow [H_2]_{eq} = 0.2 - 0.18 = 0.02\,mol.L^{-1}$$

$$[I_2]_{eq} = 0.3 - 0.18 = 0.12\,mol.L^{-1}$$

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2]\,[I_2]} = \frac{(0.36)^2}{(0.02) \times (0.12)} = 54$$

$$K_P = K_c (RT)^{\Delta n} = K_c (RT)^{2-2} = K_c (RT)^0 = 54$$

تطبيق (8):

وضع 4 mol من PCl_5 في وعاء سعته 2 L وسخّن الوعاء إلى درجة 500 K يتفكّك منه 10% وفق المعادلة:

$PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$ المطلوب حساب:

1. قيمة Kc
2. قيمة K_P $(R = 0.082\,atm.L.mol^{-1}.K^{-1})$

الحل:

.1 $C = \frac{n}{V} = \frac{4}{2} = 2\,\text{mol.L}^{-1}$

$$PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$$

2	0	0
$2-x$	x	x

كل 100 يتفكك منها 10

كل 2 يتفكك منها x

$$x = \frac{10 \times 2}{100} = 0.2\,\text{mol.L}^{-1}$$

$$[PCl_3]_{eq} = [Cl_2]_{eq} = x = 0.2\,\text{mol.L}^{-1}$$

$$[PCl_5]_{eq} = 2 - x = 2 - 0.2 = 1.8\,\text{mol.L}^{-1}$$

$$K_c = \frac{[PCl_3] \times [Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{0.2 \times 0.2}{1.8} = \frac{1}{45}$$

.2 $K_P = K_c (RT)^{\Delta n} = \frac{1}{45}(0.082 \times 500) = \frac{82 \times 10^{-1}}{9} = \frac{41}{45}$

تعلّمت

- يحدث التّوازن الكيميائي عندما تثبت تراكيز المواد المتفاعلة وتراكيز المواد النّاتجة وتتساوى سرعة التّفاعل المباشر مع سرعة التّفاعل العكسيّ.
- العلاقة بين قيمة ثابتي التّوازن بدلالة التّراكيز والضّغوط الجزئيّة: $K_P = K_c(RT)^{\Delta n}$
- ثابت التّوازن الكيميائي عند درجة حرارة معيّنة يساوي نسبة جداء تراكيز المواد النّاتجة إلى جداء تراكيز المواد المتفاعلة عند التوازن وكلّ منها مرفوعٌ إلى الأسّ الّذي يساوي عدد الأمثال التّفاعلية المشاركة بها في المعادلة الموزونة.
- تُبيّن قيمة ثابت التّوازن لتفاعلٍ ما مدى تحوُّل المواد المتفاعلة إلى نواتج عند حدوث التّوازن.
- **قاعدة لوشاتوليه:** إذا حدثَ تغيّر في أحد العوامل المؤثّرة في جملة كيميائيّة متوازنة مثل: درجة الحرارة أو التّركيز أو الضّغط ... يختلّ التّوازن، فيرجَّح التفاعل في الاتِّجاه الّذي يعاكس فيه هذا التّغيّر
- العوامل المؤثِّرة في حالة التّوازن:

1. تأثير تغيُّر التّراكيز:

- عند زيادة تركيز إحدى مواد الجملة المتوازنة يختلّ التّوازن، فيرجَّح التّفاعل في الاتِّجاه الذي يُنقِص فيه تركيز هذه المادّة.
- عند نقصان تركيز إحدى مواد الجملة المتوازنة يختلّ التّوازن، فيرجّح التّفاعل في الاتِّجاه الذي يزداد فيه تركيز هذه المادّة.

2. تأثير تغيُّر الضّغط:

- زيادة الضّغط يرجّح التّفاعل باتّجاه عدد المولات الغازيّة الأقلّ.
- نقصان الضّغط يرجّح التّفاعل باتّجاه عدد المولات الغازيّة الأكثر.
- إذا كان عدد المولات الغازيّة متساوياً في طرفي المعادلة لا يؤثّر تغيُّر الضّغط على حالة التّوازن.

3. تأثير تغيُّر درجة الحرارة:

- زيادة درجة الحرارة يختلّ التّوازن فيرجَّح التّفاعل الماصّ للحرارة.
- خفض درجة الحرارة يختلّ التّوازن فيرجّح التّفاعل النّاشر للحرارة.
- عندما يرجَّح التّفاعل المباشر بتأثير تغيّر درجة الحرارة تزداد قيمة ثابت التّوازن بسبب زيادة كمّيّة المواد النّاتجة ونقصان كمّيّة المواد المتفاعلة.
- عندما يرجح التّفاعل العكسي بتأثير تغيّر درجة الحرارة تنقص قيمة ثابت التّوازن بسبب نقصان كمّيّة المواد النّاتجة وزيادة كمّيّة المواد المتفاعلة.

4. تأثير الحفّاز في التّوازن:

- عند إضافة حفاز إلى تفاعل متوازن تزداد سرعة التّفاعل المباشر وبالمقدار نفسه سوف تزداد سرعة التّفاعل العكسيّ أي أنّه يسرّع الوصول إلى حالة التّوازن ولا يؤثّر على قيمة ثابت التّوازن.

أختبر نفسي

أولاً: اختر الإجابة الصّحيحة في كلّ ممّا يأتي:

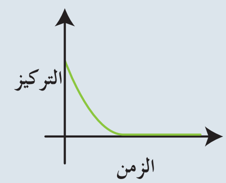
1. تتغير قيمة ثابت التّوازن K_c في التّفاعلات المتوازنة:

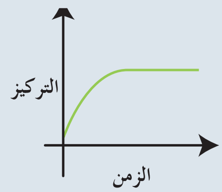
a. بتغيّر الضغط
b. بإضافة حفاز
c. بخفض درجة الحرارة
d. بزيادة تركيز المواد النّاتجة

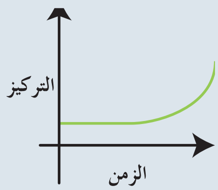
2. عند بلوغ حالة التّوازن في التّفاعلات المتوازنة:

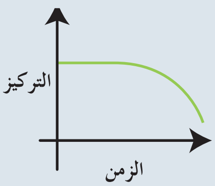
a. ينخفض تركيز المواد النّاتجة
b. تنخفض سرعة التّفاعل المباشر
c. تثبت تراكيز المواد المتفاعلة والمواد النّاتجة
d. تزداد سرعة التّفاعل المباشر

3. أحد الخطوط البيانيّة يمثّل تغيّر تركيز مادة ناتجة في تفاعل متوازن:

a.


b.


c.


d.


4. بفرض أن K_c ثابت التّوازن للتّفاعل الممثّل بالمعادلة الآتية: $SO_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightleftharpoons SO_{3(g)}$
فتكون قيمة ثابت بدلالة التراكيز K_c' للتّفاعل الآتي $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ مساوياً:

a. $2K_c$
b. $\frac{1}{2K_c}$
c. $\frac{1}{K_c^2}$
d. K_c^2

5. أيّ من التّفاعلات المتوازنة الآتية سوف يرجح التفاعل العكسيّ عند نقصان حجم الوعاء الّذي يحدث فيه التّفاعل:

a. $2SO_{3(g)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$
b. $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} 2NH_{3(g)}$
c. $4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} 2Fe_2O_{3(s)}$
d. $H_{2(g)} + I_{2(g)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} 2HI_{(g)}$

6. أيّ من المتغيّرات الآتية سوف يؤدّي إلى زيادة كميّة النشادر في التّفاعل المتوازن الآتي:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} 2NH_{3(g)} \qquad \Delta H = -91.54\,kJ$$

a. زيادة درجة الحرارة
b. خفض كميّة N_2
c. زيادة الضّغط الكليّ
d. إضافة حفاز.

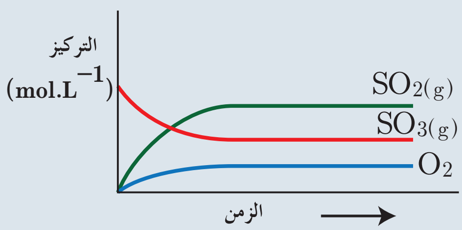
ثانياً: أعط تفسيراً علميّاً لكلّ ممّا يأتي:

1. لا تستهلك المواد المتفاعلة كليّاً في التّفاعلات المتوازنة.
2. إضافة حفاز تسرّع الوصول إلى حالة التّوازن.
3. في التّفاعل الآتي: $C_{(s)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)}$ يرجح التفاعل المباشر بزيادة الضّغط.
4. في التّفاعل الماصّ للحرارة تقل قيمة ثابت التّوازن عند خفض درجة الحرارة.

ثالثاً: لديك التفاعل الآتي $\Delta H < 0$ $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ **المطلوب:**

1. اكتب عبارة ثابت التّوازن بدلالة التّراكيز K_c.
2. اكتب عبارة ثابت التّوازن بدلالة الضّغوط الجزئيّة K_c.
3. اكتب العلاقة بين K_c و K_P.
4. بين تأثير خفض درجة الحرارة على حالة التوازن مع التّفسير.
5. بين تأثير إضافة حفاز على حالة التّوازن وقيمة ثابت التّوازن.

رابعاً : لديك الشّكل المجاور الذي يمثّل تفاعل متوازن:



المطلوب:

1. اكتب المعادلة المعبّرة عن التّفاعل.
2. اكتب عبارة ثابت التّوازن بدلالة التّراكيز.

خامساً: قيست قيم ثابت التوازن بدلالة الضّغوط الجزئيّة في درجات حرارة مختلفة.

$3A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)}$	
قيمة ثابت التوازن K_P	درجة الحرارة (°C)
4.34×10^{-3}	300
1.64×10^{-4}	400

المطلوب: هل التّفاعل ناشر للحرارة أم ماصّ للحرارة؟ فسّر إجابتك.

سادساً: قارن بين كميّة المواد المتفاعلة والمواد النّاتجة عند بلوغ التّوازن في كلّ من التّفاعلين الآتيين:

a. $K_c = 1.5 \times 10^{-10}$ $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$

b. $K_c = 14 \times 10^{+2}$ $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$

رابعاً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

وعاء حجمه 2L يحتوي على 0.08 mol من $CH_3OH_{(g)}$ و 0.4 mol من $H_{2(g)}$ و 0.2 mol من $CO_{(g)}$ يحدث التّفاعل وفق المعادلة $CH_3OH_{(g)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} CO_{(g)} + 2H_{2(g)}$ فإذا علمت أنّ قيمة $K_c = 7.3$ بيّن بالحساب إذا كان هذا التّفاعل بحالة توازن أم لا وإذا لم يكن بحالة توازن حدّد التّفاعل الرّاجح (المباشر / العكسي)، مع التّفسير.

المسألة الثّانية:

عند درجة الحرارة $25^{\circ}C$ يحدث التّفاعل المتوازن الآتي: $H_2O_{(l)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} H_2O_{(g)}$، فإذا علمتَ أنّ الضّغط الجزئيّ $P_{H_2O} = 0.0131\,atm$. المطلوب حساب قيمة K_P لهذا التفاعل.

المسألة الثّالثة:

مُزج $2\,mol$ من مادة A مع $2\,mol$ من مادة B في وعاء سعته $10\,L$ فيحدث التّفاعل المتوازن وفق المعادلة: $A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)}$ فإذا علمت أن قيمة ثابت سرعة التّفاعل المباشر $k_1 = 6.6 \times 10^{-2}$ وقيمة ثابت سرعة التّفاعل العكسيّ $k_2 = 2.2 \times 10^{-2}$، المطلوب حساب:

1. قيمة K_c ثمّ قيمة K_P.
2. تراكيز كلّ من المواد المتفاعلة والمواد النّاتجة عند بلوغ التّوازن.

المسألة الرّابعة:

يحدث التّفاعل الممثّل بالمعادلة: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ في وعاء حجمه $10\,L$،عند بلوغ التّوازن كان عدد مولات الهدروجين $7.2\,mol$ وعدد مولات اليود $2.4\,mol$ و عدد مولات يود الهدروجين $0.4\,mol$ والمطلوب حساب:

1. قيمة ثابت التوازن K_c.
2. قيمة ثابت التوازن K_P.
3. أحسب التركيز الابتدائي للمواد المتفاعلة.
4. اقترح طريقتين تزيد من كميّة HI.

المسألة الخامسة:

ليكن لديك المعادلات التي تمثّل التّفاعلات المتوازنة الآتية عند الدّرجة $298K$:

$$2NO_{(g)} + Br_{2(g)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} 2NOBr_{(g)} \qquad K_{c1} = 2$$

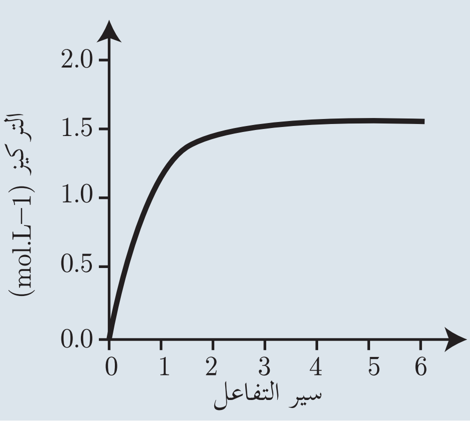
$$2NO_{(g)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} N_{2(g)} + O_{2(g)} \qquad K_{c2} = 2 \times 10^{+4}$$

المطلوب: أحسب قيمة K_c ثمّ K_P للتّفاعل الآتي: $N_{2(g)} + O_{2(g)} + Br_{2(g)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} 2NOBr_{(g)}$

$R = 0.082\,atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$

المسألة السّادسة:

يتفاعل $1\,mol$ من بخار اليود مع $1\,mol$ من غاز الهدروجين في وعاء مغلق حجمه $1\,L$ وفق المعادلة $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ حيث يبيّن المخطّط الآتي تغيّر عدد مولات يود الهدروجين بدلالة الزّمن، المطلوب:



1. احسب تراكيز التّوازن لكلّ من المواد المتفاعلة والنّاتجة.
2. احسب قيمة ثابت التّوازن K_c.
3. ارسم خطّاً بيانيّاً يوضّح تغيّر تركيز الهدروجين بدلالة الزّمن.

تفكير ناقد

من خلال معرفة تغيّر تركيز مادة واحدة هل يمكن تحديد فيما إذا التّفاعل وصل إلى حالة التّوازن أم لا؟ ناقش إجابتك.

أبحث أكثر

عند تغيّر في تركيز أحد المواد أو تغيّر الضَّغط لا تتغيّر قيمة ثابت التَّوازن بينما عند تغيّر درجة الحرارة تتغيَّر قيمة ثابت التّوازن ابحث في ذلك مستعيناً بمكتبة مدرستك أو بالشَّابكة.

أسئلة الوحدة الثالثة

أولا: اخترِ الإجابةَ الصّحيحة لكلٍّ ممّا يأتي:

1. في التّفاعل الأوّليّ الآتي: $A_{(g)} + 2B_{(g)} \longrightarrow$ نواتج عندما يزداد حجم الوعاء مرّتين فإنّ سرعة التّفاعل:

a. تنخفض أربع مرّات. **b.** تنخفض ثماني مرّات.

c. تزداد مرّتين. **d.** تزداد أربع مرّات.

2. أيّ من التّفاعلات الآتية تكون فيه النِّسبة $\frac{K_p}{K_c}$ أكبر:

a. $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$

b. $CaCO_{3(s)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$

c. $H_{2(g)} + S_{(s)} \rightleftharpoons H_2S_{(g)}$

d. $Ni(CO)_{2(s)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} Ni_{(s)} + 2CO_{(g)}$

3. يمزج $0.1\,mol$ من A مع $0.1\,mol$ من B في وعاء سعته $1\,L$ فتكون قيمة K_c تساوي 10^{-3} للتّفاعل المتوازن الآتي: $A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)}$ فيكون عند بلوغ التّوازن:

a. $[C] = 2[B]$ **b.** $[C] = [B]$ **c.** $[C] > [B]$ **d.** $[C] < [B]$

4. يحدث التّفاعل الآتي في الغلاف الجوّيّ $NO_{(g)} + O_{3(g)} \longrightarrow NO_{2(g)} + O_{2(g)}$ على مرحلتين:

المرحلة الأولى: ذات تفاعل بطيء: $O_{3(g)} \longrightarrow O_{2(g)} + O^{\bullet}_{(g)}$

المرحلة الثانية: ذات تفاعل سريع: $NO_{(g)} + O^{\bullet}_{(g)} \longrightarrow NO_{2(g)}$

فتُكتَب عبارة السّرعة على الشّكل:

a. $v = k[NO][O^{\bullet}]$ **b.** $v = k[O_3]$

c. $v = k[NO][O_3]$ **d.** $v = k[NO][O_3][O^{\bullet}]$

5. إحدى العبارات الآتية صحيحة عند بلوغ التوازن في التّفاعل الكيميائيّ.

a. يتوقّف التّفاعل المباشر فقط.

b. يتوقف التفاعل العكسي فقط.

c. تتساوى قيمة ثابت سرعة التّفاعل المباشر وقيمة ثابت سرعة التّفاعل العكسيّ.

d. تتساوى سرعتا التّفاعلين المباشر والعكسيّ.

6. إذا علمتَ أنّ قيمة $K_c = 10$ في التّفاعل المتوازن الآتي: $2A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)}$، فتكون قيمة K_c للتّفاعل الممثّل بالمعادلة الآتية: $4A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightleftharpoons 4C_{(g)}$ مساويةً:

a. 0.1　　b. 20　　c. 0.01　　d. 100

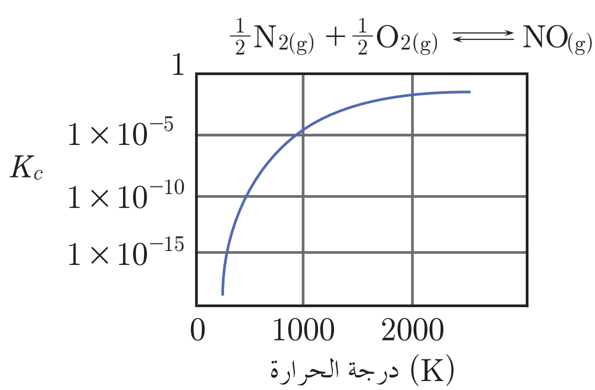
ثانياً: أعطِ تفسيراً علميّاً لكلّ ممّا يأتي:

1. في التّفاعل النّاشر للحرارة تقل قيمة ثابت التّوازن عند زيادة درجة الحرارة.
2. التّفاعلات الّتي تحتاج إلى طاقة تنشيط منخفضة تميل إلى أن تكونَ سريعةً.
3. يحترق البروبان بسرعة أكبر من البنتان في الشروط المتماثلة.
4. بعض التصادمات ينتج عنها تفاعل كيميائي وليس جميعها.

ثالثاً أجب عن الأسئلة الآتيّة:

1. لديك التفاعل المتوازن الآتي $\Delta H > 0$ $H_2O_{2(g)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} H_2O_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$، المطلوب:
   a. اكتب عبارة ثابت التوازن بدلالة الضغوط الجزئية
   b. اقترح طريقة لزيادة قيمة ثابت التوازن مع التفسير.

2. لديك الخطّ البياني الآتي الذي يمثّل قيم مختلفة لثابت التّوازن K_c بدلالة درجة الحرارة، المطلوب:
بيّن فيما إذا كان التّفاعل ناشر أم ماصّ للحرارة.



3. اقترح الطرائق التي تزيد من سرعة التفاعل الممثّل بالمعادلة الآتية:
$$2Al_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \longrightarrow 2AlCl_{3(s)}$$

رابعاً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

يُمزج 100 mL من مادّة A تركيزها $1.2\,mol.L^{-1}$ مع 300 mL من مادّة (B) تركيزها $0.4\,mol.L^{-1}$ فيحصل التّفاعل الأولي وفق المعادلة الآتية: $A_{(aq)} + 2B_{(aq)} \longrightarrow 2C_{(aq)}$

إذا علمت أنّ ثابت سرعة التّفاعل $k = 10^{-2}$، المطلوب حساب:

1. سرعة التّفاعل الابتدائيّة .
2. سرعة التّفاعل بعد زمن يتشكّل فيه (0.04 mol) من المادّة (C).

المسألة الثّانية:

يتفكّك يود الهدروجين وفق المعادلة: $2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$

فإذا كان التَّركيز الابتدائي $[HI]_0 = 0.8\ mol.L^{-1}$ وقيمة ثابت التوازن $K_c = \frac{1}{36}$ والمطلوب حساب:

1. تركيز كلّ من الغازات الثّلاث عند التَّوازن.
2. النّسبة المئويَّة المتفكّكة من HI عند التَّوازن.

المسألة الثالثة:

لديك التفاعل المتوازن الآتي: $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + O_{2(g)}$ فإذا علمت أن تراكيز التوازن بواحدة $mol.L^{-1}$ هي: $[NO_2]_{eq} = 0.06,\ [NO]_{eq} = 0.24,\ [O_2]_{eq} = 0.12$ والمطلوب حساب:

1. قيمة K_c.
2. التَّركيز الابتدائيّ لغاز $[NO_2]_0$.
3. النّسبة المئويَّة المتفكّكة من غاز NO_2 عند بلوغ التَّوازن.

المسألة الرّابعة:

يُضاف 200 mL تحوي على 1.2 mol من محلول المادة A إلى 200 mL تحوي على 0.8 mol من محلول المادة B فيتمّ التّفاعل الأولي الآتي $2A_{(aq)} + B_{(aq)} \longrightarrow 2C_{(aq)} + D_{(aq)}$

إذا علمت أنّ ثابت سرعة التّفاعل 2×10^{-2} المطلوب حساب:

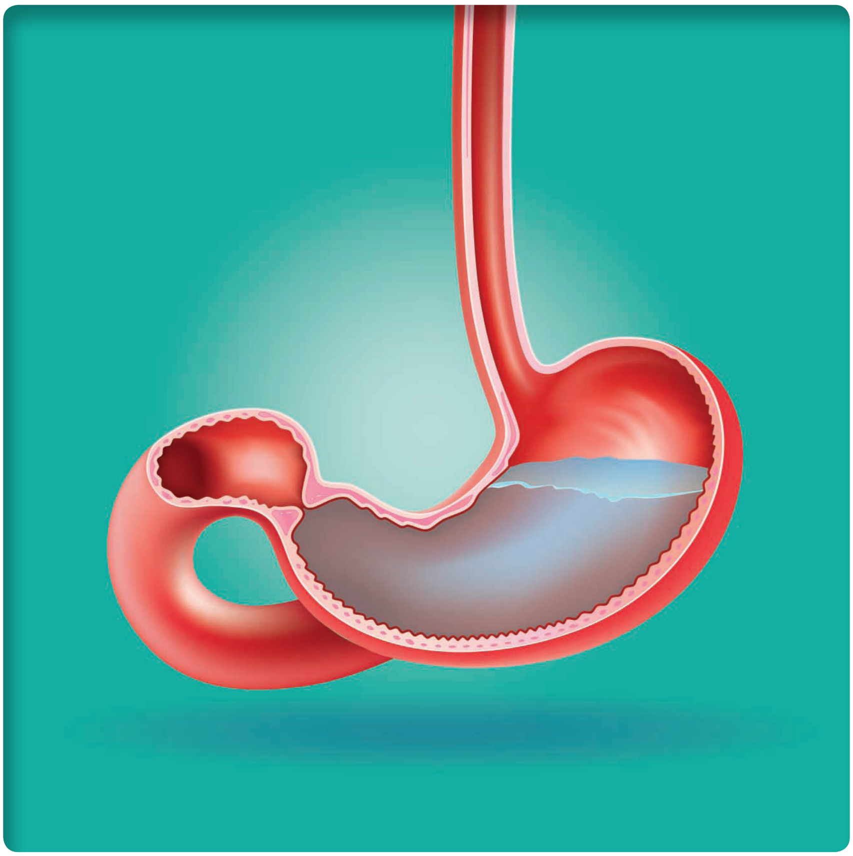
1. السرعة الابتدائيّة للتفاعل.
2. سرعة التّفاعل بعد زمن يتشكّل فيها 0.4 mol من المادّة D
3. تركيز كلّ من المادّتين C,B عند توقّف التّفاعل.

الوحدة الرّابعة
الكيمياءُ التّحليليّةُ



المحاليلُ المائيّة ضروريّةٌ في العمليّاتِ الحيويّة الّتي تحدثُ في الكائناتِ الحيّةِ، وأحياناً ما تكونُ شرطاً أساسيّاً لحدوثِ تفاعلاتٍ كيميائيّةٍ معيّنةٍ، حيثُ تهتمُّ الكيمياءُ التّحليليّةُ بدراسةِ مكوّناتِ المحاليلِ وتراكيزها.

4-1 الحُموضُ والأسسُ



تحتوي معدةُ الإنسانِ على حمضِ كلورِ الماءِ حيثُ تكونُ قيمةُ الأسِّ الهدروجينيّ (pH) الطّبيعيّةُ فيها بينَ (1 – 3)،حيثُ تكونُ لهذهِ القيمةِ أهميّةٌ في حمايةِ جسمِ الإنسانِ من الميكروباتِ كنوعٍ من المناعةِ، تساعدُ في عمليّةِ الهضمِ، وخاصّةً هضم البروتينِ.

الأهداف:

* يتعرّفُ نظرياتٍ في الحموضِ والأسسِ.
* يتعرّفُ المركّباتِ المذبذبةِ.
* يحدّدُ الأزواجَ المترافقةَ (أساس/حمض).
* يقارنُ بينَ الحموضِ القويّةِ والحموضِ الضّعيفةِ.
* يقارنُ بينَ الأسسِ القويّةِ والأسسِ الضّعيفةِ.
* يستنتجُ ثابتَ تأيّنِ الحمضِ الضّعيفِ.
* يستنتجُ ثابتَ تأيّنِ الأساسِ الضّعيفِ.
* يحسبُ قيمةَ (pH) لمحاليلِ الحموضِ والأسسِ.

الكلمات المفتاحية:

* مركّبٌ مذبذبٌ
* درجةُ تأيّنٍ
* أزواجٌ مترافقةٌ أساس/حمض.
* ثابتُ تأيّنِ الحمضِ.
* ثابتُ تأيّنِ الأساسِ.

نظريّاتٌ في الحموضِ والأُسسِ:

١. نظريّةُ أرينيوس:

الحَمضُ: كلُّ مادّةٍ كيميائيّةٍ تحرِّرُ أيون هدروجين H^+ أو أكثر عندَ انحلالِها في الماءِ.

$$HA \longrightarrow H^+ + A^-$$

الأساس: كلُّ مادّةٍ كيميائيّةٍ تحرِّرُ أيون هِدروكسيد OH^- أو أكثر عندَ انحلالِها في الماءِ.

$$BOH \longrightarrow B^+ + OH^-$$

٢. نظرية برونشتد - لوري:

الحَمضُ: كلُّ مادّةٍ كيميائيّةٍ قادرةٍ على منح بروتون H^+ أو أكثر إلى مادّةٍ أخرى تتفاعلُ معها.

الأساس: كلُّ مادّةٍ كيميائيّةٍ قادرةٍ على استقبالِ بروتون H^+ أو أكثر من مادّةٍ أخرى تتفاعلُ معها.

تطبيق (١)

لديكَ التّفاعلُ الممثَّلُ بالمعادلةِ الآتية: $HA + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + A^-$. المطلوب:

وضّح أيّ المركّبينِ يسلكُ سلوكَ حَمضٍ، وأيّهما يسلكُ سلوكَ أساسٍ حسبَ نظريّة برونشتد — لوري.

الحل:

HA يمنحُ بروتون، ويسلكُ سلوكَ حَمض.

H_2O يستقبلُ بروتون، ويسلكُ سلوكَ أساسٍ.

نشاط (1):

لديكَ التّفاعلُ الممثَّلُ بالمعادلةِ الآتيةِ:

$$HCl + NH_3 \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

حدِّد الحَمضَ والأساسَ وفقَ نَظريَّةِ برونشتد — لوري.

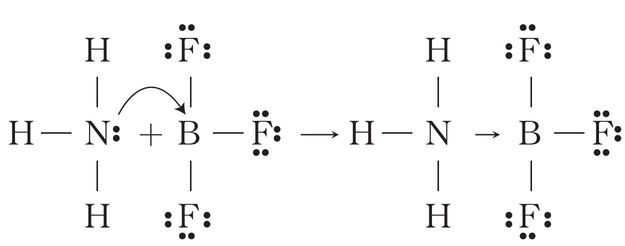
٣. نظريَّةُ لويس:

الحَمضُ: كلُّ مادّةٍ كيميائيّةٍ قادرةٍ على استقبالِ زوجٍ إلكترونيٍّ أو أكثرَ من مادّةٍ أخرى تتفاعلُ معها.

الأساس: كلُّ مادّةٍ كيميائيّةٍ قادرةٍ على منح زوجٍ إلكترونيٍّ أو أكثرَ لمادّةٍ أخرى تتفاعلُ معها.

تطبيق (2)

لديكَ التّفاعلُ الممثَّلُ بالمعادلةِ الكيميائيّةِ الآتيةِ:



المطلوب:

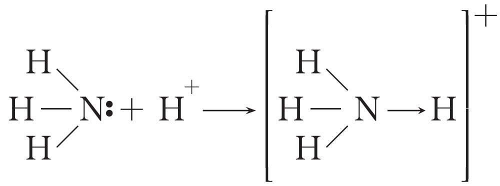
1. **وضِّح ما نوعُ الرّابطةُ بينَ ذرتيّ البورِ والنّتروجين.**
2. **حدِّد الحَمضَ والأساسَ حسبَ نظريَّة لويس.**

الحل:

1. تمنحُ ذرَّةُ النّتروجين زوجاً إلكترونيّاً غيرَ رابطٍ إلى ذرّةِ البورِ، فتتشكَّلُ رابطةٌ تساندِيّةٌ بينَ ذرّتي البور والنّتروجين.
2. NH_3 يقومُ بدورِ أساسٍ، و BF_3 يقومُ بدورِ حَمضٍ.

نشاط (2):

حدِّدِ الحَمضَ والأساسَ في التّفاعلِ الآتي وفقَ نظريّةِ لويس:



نشاط (3):

أصنّف المركّباتِ الآتيةِ إلى حَمضٍ أو أساسٍ وفقاً للنّظريّاتِ السّابقةِ، ماذا أستنتج؟

$HCl, NH_3, Fe^{2+}, BF_3, NaOH$

الحل:

طبيعة المركب	أرينيوس	برونشتد – لوري	لويس
أساس	$NaOH$	$NH_3, NaOH$	NH_3
حَمض	HCl	HCl	BF_3, Fe^{2+}

أستنتجُ:

- **نظريَّةُ أرينيوس غيرُ كافيةٍ لتحديدِ الصّفةِ الحمضيّةِ والصّفةِ الأساسيّةِ لجميعِ المركَّباتِ الكيميائيَّةِ.**
- **نظريةُ برونشتد – لوري أكثرُ شموليّةً من نظريّةِ أرينيوس.**
- **نظريّةُ لويس فسّرتِ السُّلوكَ الحمضيَّ والأساسيَّ لبعضِ المركَّباتِ الَّتي يتمُّ فيها انتقالُ الأزواجِ الإلكترونيّةِ.**

الأزواجُ المترافقةُ: أساس/حَمض وفقَ نظريّةِ برونشتد – لوري

نشاط (4):

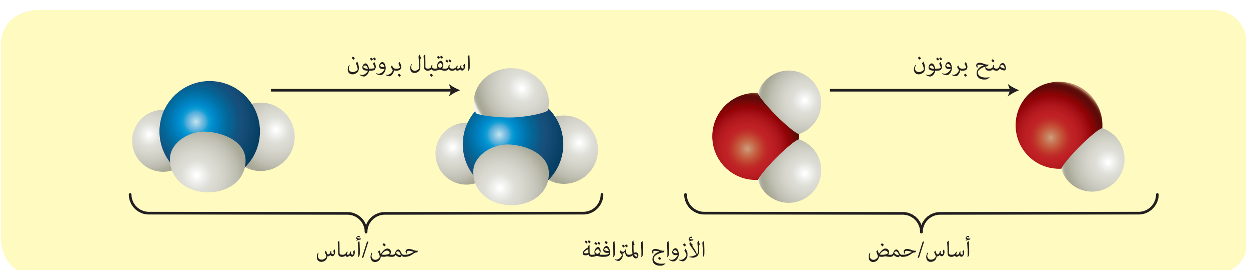
أكتب معادلةَ تأيّنِ غازِ النّشادرِ في الماءِ، وأحدّدِ الأزواجَ المترافقةَ أساس/حمض وفقَ نظريّةِ برونشتد – لوري. ماذا أستنتجُ؟ $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

عندما يمنحُ الحَمضُ H_2O بروتون يتحوّل إلى أساسٍ مرافقٍ OH^-.

عندما يستقبلُ أساس NH_3 بروتون يتحوّل إلى حمضٍ مرافقٍ NH_4^+.

الأزواجُ المترافقةُ (أساس/حمض):

$$NH_4^+/NH_3, H_2O/OH^-$$



أستنتجُ:

- يرافقُ كلّ حَمضٍ أساس يُدعى أساسَهُ المرافق.
- يرافقُ كلّ أساس، حمض يُدعى حمضَهُ المرافق.

نشاط (5):

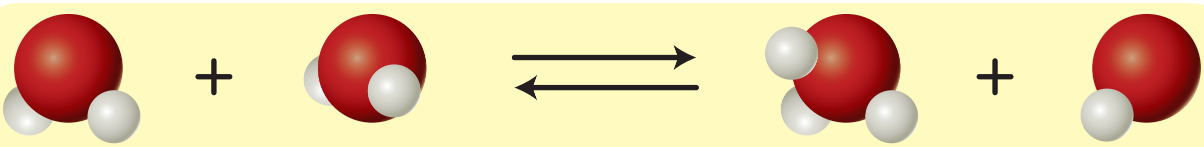
اكتب معادلة تأيّن حَمض الآزوت، ثمّ حدّدِ الأزواجَ المترافقةَ (أساس/ حمض) وفقَ نظريّةِ برونشتد – لوري.

التّأين الذّاتيّ للماءِ وثابت تأيّنه :

نشاط (6):

يعدّ الماءُ ناقلاً رديئاً للتّيارِ الكهربائيّ لاحتوائِهِ على أيوناتٍ قليلةٍ. المطلوب:

1. **اكتب معادلةَ التّأيّنِ الذّاتيّ للماءِ وحدّدِ الأزواجَ المترافقةَ أساس/حمض وفقَ نظريّةِ برونشتد – لوري.**
2. **اكتبْ عبارةَ ثابتِ التّوازنِ (ثابت تأيّن الماء).**



$$H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

حمض 1	أساس 2		حمض مرافق 2	أساس مرافق 1

- ثابت تأيّن الماء: $K_W = [H_3O^+][OH^-]$

إضاءة

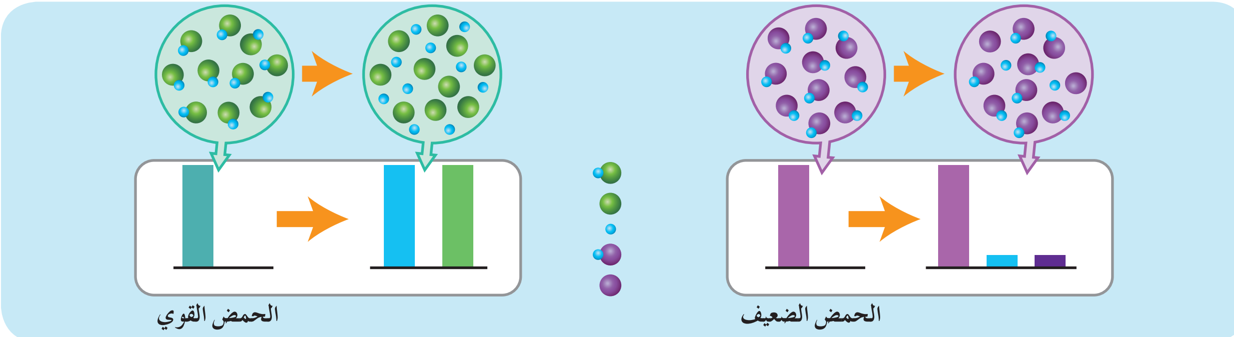
- المركّبُ المذبذبُ يسلكُ سلوكَ حَمضٍ أحياناً وسلوكَ أساسٍ أحياناً أخرى، وفقاً للمادّةِ الّتي يتفاعلُ معَها (مثلَ الماءِ).
- إنّ قيمةَ ثابتِ تأيّنِ الماءِ K_W عندَ درجةِ الحرارةِ $25^\circ C$ تساوي 10^{-14} أي: $K_W = [H_3O^+][OH^-] = 10^{-14}$

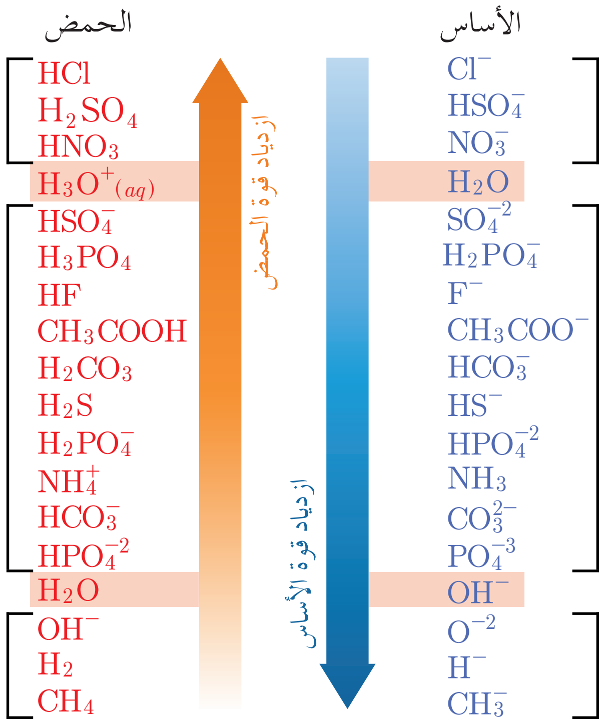
قوّة الحمض وقوّة الأساس :

- **تقاس قوةُ الحَمضِ بسهولةِ منحِهِ لبروتونٍ أو أكثر، حيثُ يتأيَّنُ الحَمضُ القويُّ كليّاً وفقَ المعادلةِ:**

$$HA + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + A^-$$

- **يتأيّنُ الحَمضُ الضّعيفُ جزئيّاً وفقَ المعادلةِ:** $HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$
- **يعبّرُ عن قوّةِ الحَمضِ بدرجةِ تأيّنهِ α وفقَ العلاقةِ:** $\alpha = \frac{[H_3O^+]}{C_a}$ **،** C_a **التّركيزُ الابتدائيُّ للحَمضِ أحادي الوظيفة**





- تقاسُ قوّةُ الأساسِ بسهولةِ استقبالِهِ لبروتونٍ أو أكثر
يتأيّنُ الأساسُ القويُّ كلّياً، ويتأيَّنُ الأساسُ الضَّعيفُ جزئيّاً وفقَ المعادلةِ:

$$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

- يعبّر عن قوّة الأساسِ بدرجةِ تأيّنه α وفق العلاقة:

$\alpha = \frac{[OH^-]}{C_b}$، C_b التَّركيز الابتدائيُّ للأساسِ أحادي الوظيفة الأساسية.

- عند مقارنة قوة حمضين ضعيفين فإنّ الأساس المرافق للحمض الأقوى هو الأساس الأضعف، والأساس المرافق للحمض الأضعف هو الأساس الأقوى.

إضاءة

تكتبُ أحياناً درجةُ التأيّن كنسبةٍ مئويّة: $\alpha \times 100\,\%$

الأُس الهدروجينيّ الـ pH :

نشاط (7):

لديكَ محلولانِ لحمضٍ قويٍّ وحيدِ الوظيفةِ الحمضيّة، تركيزُ المحلولِ الأوّلِ $10^{-2}\,mol.L^{-1}$، وتركيزُ المحلولِ الثَّاني $2 \times 10^{-2}\,mol.L^{-1}$. احسب قيمةَ pH كلّ منَ المحلولينِ السَّابقين. $\log 2 = 0.3$

الحل:

حساب pH المحلول الأوّل: $[H_3O^+] = 10^{-pH}$

$10^{-2} = 10^{-pH}$

$pH = 2$

حساب pH المحلول الثّاني: $[H_3O^+] = 10^{-pH}$

$$2 \times 10^{-2} = 10^{-pH}$$

لا يمكنُ حساب pH بدقّةٍ من العلاقةِ السّابقة. لذلكَ نأخذ اللّوغاريتم العشريّ للطّرفين:

$$\log[H_3O^+] = \log 10^{-PH}$$
$$\log[H_3O^+] = -pH$$
$$pH = -\log[H_3O^+]$$
$$pH = -\log 2 \times 10^{-2} = -\log 2 - \log 10^{-2}$$
$$pH = 2 - \log 2 = 2 - 0.3 = 1.7$$

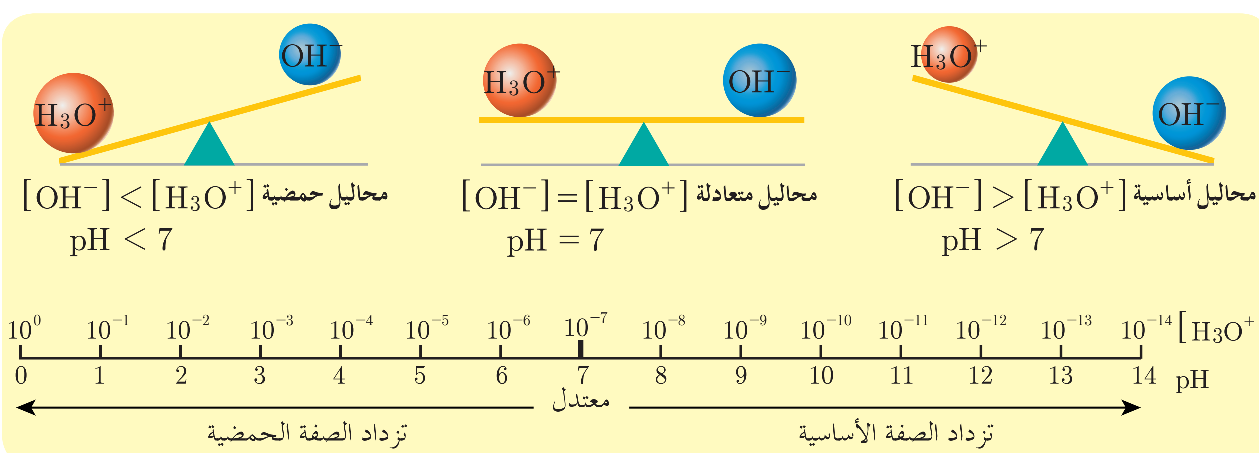
إضاءة

خواصّ اللّوغاريتم العشريّ $\log(x.y) = \log x + \log y$

$$\log \frac{x}{y} = \log x - \log y$$
$$\log x^n = n \log x$$
$$\log 10 = 1$$

أستنتجُ:

- الأُسّ الهدروجينيّ $pH = -\log[H_3O^+]$
- الأُس الهدروكسيديّ: $pOH = -\log[OH^-]$
- $pH + pOH = 14$



نشاط (8):

يبلغُ تركيزُ أيّوناتِ الهدرونيوم في محلولٍ مائيّ $0.01 mol.L^{-1}$ المطلوب حساب:

1. تركيز أيّونات الهدروكسيد.
2. قيمة كلّ من pH و pOH الوسط لهذا المحلول.

3. حدّد طبيعة الوسط.

إثراء:



إنّ قيمة pH التربة لها دور مهم في مدى استفادة النباتات العناصر الموجودة في التربة، في الأوساط الحمضية يتحوّل لون أوراق أشجار الكرمة إلى الأصفر نتيجة نقص امتصاص عنصر الحديد بينما في التربة الأساسية تنقص نسبة الفوسفور وتزداد نسبة الحديد وتتلون أوراقها بالأحمر.
لذلك يجب تحديد قيمة pH التربة قبل إضافة السماد إليها.

ثابت تأيّن الحموض الضَّعيفةِ أحاديّة الوظيفة:

نشاط (9):

لديكَ محلولٌ مائيٌّ لحمضٍ ضعيفٍ HA. المطلوب:

1. **أكتب معادلة تأيّنه.**
2. **أكتب عبارة ثابت تأيّن الحَمض الضَّعيف K_a.**
3. **أثبتْ أنَّ: $[H_3O^+] = \sqrt{C_a K_a}$.**

الحل:

1. معادلة التّأيّن: $HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$

2. $K_a = \dfrac{[H_3O^+].[A^-]}{[HA]}$.

3. من معادلةِ تأيّن الحَمض نجد: $[H_3O^+] = [A^-]$
وبإهمالِ القيمةِ الضَّعيفةِ المتأيّنةِ من الحَمضِ يمكنُ أن نعتبرَ: $[HA] = C_a$
تعوّض في علاقةِ: K_a

$$K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{C_a} \Longrightarrow [H_3O^+] = \sqrt{K_a.C_a}$$

إثراء:



ينتج عن احتراق التبغ والخشب والبلاستيك التي تحوي النّتروجين غازات ضارة منها غاز HCN السامّ. وتطلقه بعض الحشرات للدّفاع عن نفسها.
كما تحوي بذور بعض الفواكه على مركبات السيانيد، والتي تتحوّل إلى مركّبات غير ضارّة داخل الثمرة لذا يمكن تناولها بأمانٍ.

تطبيق (6):

محلول حمض سيانيد الهدروجين تركيزه الابتدائي $0.2 mol.L^{-1}$، وثابت تأيّن حمض سيانيد الهدروجين 5×10^{-10}. المطلوب:

1. **أكتب معادلة تأيّن الحمْض السّابق، وأحدّد الأزواج المترافقة أساس/حمض وفقَ برونشتد – لوري.**
2. **أحسب $[H_3O^+]$, $[OH^-]$.**
3. **أحسب قيمة pH المحلول.**
4. **أحسب درجة تأيّن الحمض.**

الحل:

1.

$$HCN + H_2O \rightleftharpoons CN^- + H_3O^+$$

HCN	H_2O	CN^-	H_3O^+
حمض 1	أساس 2	أساس مرافق 1	حمض مرافق 2

$$HCN/CN^- \quad , \quad H_3O^+/H_2O$$

2. طريقة أولى: بإهمال القيمة الصّغيرة المتأيّنة من الحَمض.

$$[H_3O^+]=\sqrt{K_a.C_a}=\sqrt{5\times10^{-10}\times0.2}=10^{-5}mol.L^{-1}$$
$$[H_3O^+]=10^{-5}mol.L^{-1}$$
$$[H_3O^+][OH^-]=10^{-14}$$
$$[OH^-]=\frac{10^{-14}}{10^{-5}}=10^{-9}mol.L^{-1}$$

طريقة ثانية:

HCN	$+ H_2O \rightleftharpoons$	CN^-	$+ H_3O^+$
0.2		0	0
$0.2-x$		x	x

$$K_a=\frac{[H_3O^+].[CN^-]}{[HCN]}$$
$$5\times10^{-10}=\frac{x^2}{0.2-x}$$

تهمل x في المقام لصغرها أمام 0.2

$$x^2=5\times10^{-10}\times0.2=10^{-10}$$
$$x=10^{-5}mol.L^{-1}=[H_3O^+]=[CN^-]$$

3. حسابُ pH المحلول:

$$pH=-\log[H_3O^+]=-\log10^{-5}=5$$

4. $$\alpha=\frac{[H_3O^+]}{C_a}=\frac{10^{-5}}{0.2}=5\times10^{-5}$$

جدول يبيّن قيم ثابت تأيّن بعض الحموض الضعيفة: عند الدرجة $25^\circ C$

الحمض الضعيف	الصيغة الكيميائيّة	K_a
حمض الخل	CH_3COOH	1.8×10^{-5}
حمض البنزوئيك	C_6H_5COOH	6.4×10^{-5}
حمض النمل	$HCOOH$	1.8×10^{-4}
حمض سيانيد الهدروجين	HCN	6.2×10^{-10}
حمض فلوريد الهدروجين	HF	7.2×10^{-4}
حمض الآزوتي	HNO_2	4.0×10^{-4}
حمض البروبانوئيك	CH_3CH_2COOH	1.3×10^{-5}

ثابت تأيّن الأساس الضّعيف:

نشاط (10):

لديكَ محلولٌ أساسٌ ضعيف B تأيّنه جزئيّ في الماء. المطلوب:

1. **أكتب معادلة تأيّنه.**
2. **أستنتج علاقة ثابت تأيّن الأساس الضّعيف K_b.**
3. **أثبتْ أنَّ: $[OH^-] = \sqrt{C_b K_b}$.**
4. **أستنتج علاقة قوّة الأساس بثابت تأيّنه.**

الحل:

1. معادلة التّأيّن: $B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$
2. علاقة ثابت تأيّن الأساس:

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

3. من معادلة تأيّن الأساس نجد:

$$[BH^+] = [OH^-]$$

وبإهمال القيمة الضّعيفة المتأيّنة من الأساس يمكنُ أن نعتبرَ: $[B] = C_b$

تعوّض في علاقةِ: K_b

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{C_b} \Longrightarrow [OH^-] = \sqrt{C_b K_b}$$

4. أستنتج من علاقة ثابت تأيّن الأساس.

تزدادُ قيمةُ ثابتِ تأيّنِ الأساسِ الضّعيفِ بزيادةِ تركيزِ أيونِ الهدروكسيد، وبالتّالي تزداد قوّة الأساس بازدياد قيمة ثابت تأيّنه.

جدول يبيّن قيم ثابت تأيّن بعض الأسس الضعيفة: عند الدرجة $25^{\circ}C$

الأساس الضعيف	الصيغة الكيميائيّة	K_b
Methylamine متيل أمين	CH_3NH_2	4.4×10^{-4}
Ammonia أمونيا (نشادر)	NH_3	1.8×10^{-5}
Hydroxylamine هدروكسيل أمين	NH_2OH	9.1×10^{-9}
Phosphine فوسفين	PH_3	1.0×10^{-14}

إضاءة

تزدادُ قوّة الحَمض الضَّعيف أو الأساس الضَّعيف بزيادة قيمة ثابت تأيّنه.

تطبيق (7):

a. محلولٌ لحَمضِ الخلِّ تركيزه $0.02\ mol.L^{-1}$ ، وثابت تأيّن حمض الخل 1.8×10^{-5} أكتب معادلة تأيّنه، وأحسب قيمة $[CH_3COO^-]$

b. إذا احتوى المحلول الابتدائيّ حمض كلور الماء بتركيزِ $10^{-2}mol.L^{-1}$ بالإضافةِ إلى المحلولِ السّابقِ.

1. أحسب $[CH_3COO^-]$ في المحلولِ في هذه الحالة.

2. أقارن بين قيمتَي تركيز $[CH_3COO^-]$ في الحالتين (a,b).

3. أفسّر ذلك، ماذا أستنتج؟

الحل:

.a $CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$

حساب قيمة $[CH_3COO^-]$

$$[H_3O^+]=\sqrt{C_aK_a}=\sqrt{0.02\times1.8\times10^{-5}}=6\times10^{-4}mol.L^{-1}$$

$$[CH_3COO^-]=6\times10^{-4}mol.L^{-1}$$

.b $[H_3O^+]=[HCl]=10^{-2}mol.L^{-1}$

.1

	CH_3COOH	$+\ H_2O$	$\rightleftharpoons$	CH_3COO^-	$+$	H_3O^+
التراكيز الابتدائية	0.02			0		0.01
تركيز التوازن	$0.02-x$			x		$0.01+x$

$$K_a=\frac{x(0.01+x)}{0.02-x}$$

تهمل x المُضافة في البسط والمطروحة في المقام لِصِغَرِها.

$$K_a=\frac{0.01x}{0.02}\Longrightarrow1.8\times10^{-5}=\frac{0.01x}{0.02}$$

$$x=3.6\times10^{-5}mol.L^{-1}$$

2. بالمقارنة أجد: $[CH_3COO^-]$ في الحالة a أكبر من $[CH_3COO^-]$ في الحالة b
3. يضاف $[H_3O^+]$ المشترك النّاتج من تأيّن الحمض القوي (HCl) إلى تركيزه في محلولِ حَمضِ الخلِّ الضّعيف، فيرجح التفاعل العكسيّ، وينقص $[CH_3COO^-]$ وفقَ قاعدةِ لوشاتولييه.

نتيجة:

الأيّون المشترك لمركّبينِ أو أكثر في محلولٍ يضعف تأيّن المركّب الضّعيف التّأيّن.

تعلّمت

المركب	نظرية أرينيوس	نظرية برونشتد – لوري	نظرية لويس
الحمض	كلّ مادة كيميائية تحرر أيون الهدروجين H^+ عند انحلالها في الماء.	كلّ مادة كيميائية قادرة على منح بروتون أو أكثر إلى مادة أخرى تتفاعل معها.	كلّ مادة كيميائية قادرة على استقبال زوج إلكتروني أو أكثر من مادة أخرى تتفاعل معها.
الأساس	كلّ مادة كيميائية تحرر أيون الهِدروكسيد OH^- عند انحلالها في الماء.	كلّ مادة كيميائية قادرة على استقبال بروتون أو أكثر من مادة أخرى تتفاعل معها.	كلّ مادة كيميائية قادرة على منح زوج إلكتروني أو أكثر إلى مادة أخرى تتفاعل معها.

- المركّب المُذبذَبُ: يسلك سلوك حمض أحياناً وسلوك أساس أحياناً أخرى، وفقاً للمادّة الّتي يتفاعل معها.
- تتأيّن الحموض القويّة والأسس القويّة كليّاً في الماء.
- تتأيّن الحموض الضّعيفة والأسس الضّعيفة جزئيّاً في الماء.
- درجة تأيّن الحَمض: $\alpha = \frac{[H_3O^+]}{C_a}$
- درجة تأيّن الأساس: $\alpha = \frac{[OH^-]}{C_b}$

أختبر نفسي

أولاً: اختر الإجابة الصّحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. محلول مائي لحمض النّمل HCOOH تركيزه الابتدائي $0.5 mol.L^{-1}$ وثابت تأينه 2×10^{-4}، فتكون قيمة pH للمحلول مساويةً:

a. 2 b. 12 c. 10^{-2} d. 10^{-12}

2. محلول مائي لهدروكسيد البوتاسيوم KOH تركيزه $0.01 mol.L^{-1}$ نمدّده بالماء المقطّر 100 مرّة، فتصبح قيمة pH للمحلول مساويةً:

a. 10 b. 11 c. 12 d. 13

3. المركّب المذبذب من المركّبات الآتية هو:

a. NH_3 b. H_2O c. BF_3 d. HCN

4. المحلول المائيّ الذي له أصغرُ قيمة pH من المحاليل الآتية المتساوية التّراكيز هو محلول:

a. NaOH b. NH_4OH c. HNO_3 d. HCN

5. إحدى الأزواج الآتية لا يشكّل زوج (أساس/حمض) حسب برونشتد لوري:

a. NH_4^+/NH_3 b. H_2O/OH^- c. HNO_3/HNO_2 d. HCN/CN^-

ثانياً: يبيّن الجدول الآتي قيم ثوابت التّأيّن لبعضِ محاليلِ الحموضِ الضّعيفةِ المتساويةِ التّراكيز عندَ الدّرجة $25^\circ C$.

الحمض	الصيغة	ثابت التأيّن K_a
سيانيد الهدروجين	HCN	5×10^{-10}
حمض الكربون	H_2CO_3	4.3×10^{-7}
حمض النمل	HCOOH	1.8×10^{-4}
حمض فلوريد الهدروجين	HF	7.2×10^{-4}

اعتماداً على الجدولِ السّابقِ أجب عن الأسئلةِ الآتية:

1. حدّد الحمض الأقوى، وما هو أساسه المرافق؟
2. حدّد الحمض الأكبر قيمة pH، والحمض الأصغر قيمة pH.
3. في أيّ محلول يكونُ $[OH^-]$ أكبر؟
4. حدّد الأساس المرافق الأقوى للمحاليلِ السّابقةِ.

ثالثاً: أجب عن الأسئلة الآتيّة:

1. رتّب المحاليل الآتية المتساوية التّراكيز تصاعديّاً حسب تزايدِ قيمة الـ pH.

HNO_3 ، NH_4OH ، KOH ، HCN

2. إذا علمتَ أن أيون السّيانيد CN^- أساس أقوى من أيون الخلات CH_3COO^-، ما هو الحمض المرافق لكلّ منهما وأيّ الحمضين أقوى؟ فسّر ذلك.

3. يتأيّن هدروكسيد المغنزيوم وفق المعادلة الآتية: $Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2OH^-$ المطلوب: اشرح كيف تؤثّر إضافة كميّةٍ من محلول حمض قويٍّ على تأيّن المحلول.

4. حدّد كلّاً من حمض لويس، وأساس لويس في كلّ من المعادلتين الآتيتين:

$$Cu^{2+} + 4H_2O \longrightarrow [Cu(H_2O)_4]^{2+}$$

$$NH_3 + BCl_3 \longrightarrow H_3N \longrightarrow BCl_3$$

رابعاً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

يذاب $8g$ من هِدروكسيد الصّوديوم بالماء المقطّر، ويُكمل الحجم إلى $2L$ والمطلوب حساب:

1. قيمة $[OH^-]$، $[H_3O^+]$.
2. قيمة pOH، pH للمحلول.
3. حجم الماء المقطر اللازم إضافته إلى $50\,mL$ من المحلول السابق ليصبح قيمة $pH = 11$

$Na:23,\ \ O:16,\ \ H:1$

المسألة الثّانية:

محلول مائي لحمض سيانيد الهدروجين له $pH = 5$ ودرجة تأيّن حمض السيانيد $5\times10^{-3}\%$، والمطلوب:

1. اكتب معادلة تأيّن الحمض السّابق.
2. احسب قيمة كلٍّ من التّركيز الابتدائيّ للحمض السّابق، وثابت تأيّنه.
3. بيّن بالحساب كيف يتغيّر $[H_3O^+]$ عندما تصبح $pH = 6$.

المسألة الثّالثة:

محلول مائي لحمض النّمل له $pH = 2$ وثابت تأيّن حمض النّمل 2×10^{-4} والمطلوب:

1. اكتب معادلة تأيّن هذا الحَمض ثمّ حدّد الأزواج المترافقة أساس/حمض حسب برونشتد – لوري.
2. احسب قيمة pOH المحلول.
3. احسب حجم الماء المقطّر اللّازم إضافته إلى $10\,mL$ منه لتصبح قيمة $pH = 3$.

المسألة الرَّابعة:

محلول مائي لحمضِ الكبريتِ بفرض أنه تامّ التأيّن له قيمة $pH = 1$، والمطلوب:

1. اكتب معادلة تأيّن هذا الحَمض.
2. احسب تركيز هذا الحَمض بـ $mol.L^{-1}$.
3. احسب كتلة حمض الكبريت في $50\,mL$ من محلول الحمض السَّابق.
4. يُضاف بالتَّدريج $10\,mL$ من محلول الحمض السّابق إلى $90\,mL$ من الماء المقطّر ،احسب قيمة pH للمحلولِ الجديدِ. $H:1, O:16, S:32$

المسألة الخامسة:

محلول مائيّ للنّشادر له $pOH = 3$، ودرجة تأيّن النشادر 2% والمطلوب:

1. اكتب معادلة تأيّن النّشادر ثمّ حدّد الأزواج المترافقة أساس/حمض حسب برونشتد – لوري.
2. احسب $[OH^-]$ للمحلول.
3. احسب التّركيز الابتدائيّ للمحلول.

4. احسب ثابت تأيّن النّشادر.
5. يُمدّد المحلول السّابق 10 مرّات، احسب pOH المحلول النّاتج عن التّمديد.

تفكير ناقد

نضيف 200 mL من محلول حمض كلور الماء تركيزه $0.2\ mol.L^{-1}$ إلى 200 mL من محلولِ حَمض الكبريت تركيزه $0.1\ mol.L^{-1}$، احسب قيمة pH المحلول النّاتج.

أبحث أكثر

يُستخدم حمض الفوسفور في عدّة مجالات منها الصناعات الغذائية، ابحث في ذلك مستعينا بمكتبة مدرستك أو بالشابكة.

4-2 المحاليل المائية للأملاح

الأهداف:

* يصنّف الأملاح بحسب قابليّتها للذّوبان.
* يصنّف المحاليل المائيّة للأملاح تبعاً لكميّة الملح المُذابة.
* يتعرّف الذّوبانيّة الموليّة لملح.
* يتعرّف الذّوبانيّة الكتليّة لملح.
* يستنتج علاقة جداء الذّوبان لملح قليل الذّوبان.
* يتعرّف بعض تطبيقات جداء الذّوبان.
* يتعرّف تأثير الأيّون المشترك على جداء الذّوبان.
* يتعرّف حلمهة ملح.
* يميّز بين الأيّون الحياديّ والأيّون غيرِ الحياديّ.
* يكتب معادلة الحلمهة لبعض الأملاح.

الكلمات المفتاحية:

* حلمهة.
* إماهة.
* ذوبانية ملح.
* جداء الذوبان.
* المحلول المنظّم للحموضة.





الأملاح المعدنيّة ذات أهميّة كبيرة في نموّ العديد من الخلايا في جسم الإنسان، و تدخل في بناء العظام، وتساعد في انقباض وانبساط العضلات، ومن أهمّها أملاح الكالسيوم، والصّوديوم، والبوتاسيوم، والمغنزيوم، والحديد..

قطبيّة الأملاح :

نشاط (1):

أكمل الجدول الآتي:

اسم الملح	صيغة الملح	الجزء الأساسي	الجزء الحمضي
نترات الصوديوم	$NaNO_3$	------------	NO_3^-
كبريتات الأمونيوم	------------	NH_4^+	------------
كلوريد الألمنيوم	------------	------------	------------

نتيجة:

- الملح يتمتّع بخاصيّة قطبيّة، لأنّه مركّبٌ أيّونيٌّ، يتألّف من جزأين:
- جزء أساسيّ موجِب، أيّون معدني، أو أكثر، أو جذر أمونيوم، أو أكثر.
- جزء حمضيّ سالب، أيّون لا معدني، أو أكثر، أو جذر حمضيّ، أو أكثر.

تصنيف الأملاح وفق ذوبانيّتها

تجربة

الموادّ والأدوات اللازمة: بيشر عدد 3 – أداة تحريك – ملح الطعام NaCl – ماء مقطر.

خطوات التجربة:

- أضع في كلّ بيشر 100 mL من الماء المقطّر.
- **أضيف للبيشر الأول 10 g من كلوريد الصّوديوم مع التّحريك، ماذا ألاحظ؟**
- **أضيف للبيشر الثّاني 36 g من كلوريد الصّوديوم مع التّحريك، ماذا ألاحظ؟**
- **أضيف للبيشر الثّالث 37 g من كلوريد الصّوديوم مع التّحريك، ماذا ألاحظ؟**

ألاحظ:

- **ذوبان كامل كمّيّة ملح كلوريد الصّوديوم في البيشر الأوّل، ويُعدّ محلوله غير مُشبع لأنّه يمكن أن تذوب كميّة إضافيّة من الملح.**
- **ذوبان أكبر كمية ممكنة من ملح كلوريد الصوديوم في البيشر الثاني ويُعدّ محلوله مُشبع، لأنّه لا يمكن أن تذوب فيه كميّةٌ إضافية من الملح.**
- **ترسّب كمّيّة من ملح كلوريد الصّوديوم في البيشر الثّالث، ويُعدّ محلوله فوقَ مشبع.**

نتيجة:

- ذوبانيّة الملح: هي تركيز الملح في محلوله المشبع عند درجة حرارة محَدّدة، وهي ثابت فيزيائيّ خاصّ بكلّ ملح ، ويُرمز لها بـ (s) ولها نوعان: ذوبانيّة كتليّة للملح تقدّر بـ ($g.L^{-1}$) وذّوبانيّة موليّة للملح تقدّر بـ ($mol.L^{-1}$).
- تصنَّف محاليل الأملاح إلى (غير مشبعة – مشبعة – فوق مشبعة).

إضاءة

- الأملاح الذّوابة: قيمة ذوبانيتها أكبر من $0.1\,mol.L^{-1}$ عند الدّرجة $25^\circ C$ مثل أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والنترات والخلات.
- الأملاح قليلة الذوبان: قيمة ذوبانيتها أقلّ من $0.001\,mol.L^{-1}$.عند الدرجة $25^\circ C$ مثل ملح كربونات الكالسيوم، كبريتات الباريوم، كبريتات الفضة، كلوريد الفضة، كلوريد الرصاص، فوسفات ثلاثي الكالسيوم.

التّوازن غيرُ المتجانس للأملاح قليلة الذّوبان :

نشاط (2)

عند وضع كمّيّة من ملح كلوريد الرّصاص (ملح قليل الذّوبان) في الماء يحصل توازنٌ غير متجانس بين الطّور الصّلب والطّور المُذاب (أيّونات الكلوريد وأيّونات الرّصاص) المطلوب:

1. **أكتب معادلة التّوازن غير المتجانس للملح.**
2. **أكتب عبارة الجداء الأيّوني Q.**
3. **أكتب عبارة ثابت جداء الذّوبانيّة K_{sp} إذا كان محلوله مشبع.**

الحل:

1. $PbCl_{2(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)}$
2. $Q = [Pb^{2+}][Cl^{-}]^2$ الجداء الأيّوني (محلول غير مشبع)
3. $K_{sp} = [Pb^{2+}][Cl^{-}]^2$ ثابت جداء الذّوبانيّة (محلول مشبع)

نتيجة:

- الجداء الأيّوني Q: يمثّل جداء تراكيز أيّونات الملح قليل الذّوبان، مرفوعة كلّ منها إلى أُسّ يساوي أمثالَها التّفاعليّة.
- ثابت جداء الذَّوبان K_{sp} يمثِّل جداء تراكيز أيّونات الملح قليل الذّوبان، مرفوعة كلّ منها إلى أُسّ يساوي أمثالَها التّفاعليَّة في المحلول المُشْبَعْ.
- ونميّز ثلاث حالات:

$K_{sp} > Q$ المحلول غير مشبع.

$K_{sp} = Q$ المحلول مشبع.

$K_{sp} < Q$ المحلول فوق مشبع (يتشكّل راسب من الملح)

تطبيق(6):

محلول مائيّ مشبع لملح كربونات الفضّة ذوبانيّته المولّيّة s. المطلوب:

1. **أكتب معادلة التّوازن غيرِ المتجانس لهذا الملح.**
2. **أكتب العلاقة المعبّرة عن ثابت جداء الذّوبان، ثمّ أستنتج قيمة جداء ذوبان بدلالة s**

الحل:

1. $Ag_2CO_{3(s)} \rightleftharpoons 2Ag^+_{(aq)} + CO^{2-}_{3(aq)}$

2. $K_{sp} = [Ag^+]^2[CO_3^{2-}]$ ثابت جداء الذوبان

	$Ag_2CO_{3(s)}$ $\rightleftharpoons$	$2Ag^+_{(aq)}$ +	$CO^{2-}_{3(aq)}$
تراكيز بدء	s	0	0
تراكيز محلول مشبع	0	$2s$	s

$$K_{sp(Ag_2CO_3)} = (2s)^2(s) = 4s^3$$



نشاط(4):

اكتبِ العلاقة المعبّرة عن K_{sp} لكلّ من الأملاح قليلةِ الذّوبان الآتية:

a. $CaCO_3$ **b.** Ag_2S **c.** $Ca_3(PO_4)_2$

تطبيق(2):

تستخدم كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ (الجبس) في العديد من الصّناعات مثل: الدّهانات، السّيراميك، الورق، الإسمنت، وفي جبائرِ تثبيت العظام المكسورة. المطلوب:

أحسب ثابت جداء الذّوبان للمحلول المائيّ لكبريتاتِ الكالسيوم، إذا علمتَ أنّ ذوبانيّته الكتليّة $0.68\ g.L^{-1}$.

الحل:

حساب الذّوبانية الموليّة s

$$s = C_{(mol.L^{-1})} = \frac{C_{(g.L^{-1})}}{M_{(CaSO4)}} = \frac{0.68}{136} = 5 \times 10^{-3} mol.L^{-1}$$

معادلة التّوازن غير المتجانس:

	$CaSO_{4(s)} \rightleftharpoons$	$Ca^{2+}_{(aq)}$	$+ \; SO^{2-}_{4(aq)}$
تراكيز بدء	x	0	0
تراكيز محلول مشبع	0	x	x

حيث $s = x$ في المحلول المشبع

$$K_{sp(CaSO_4)} = [Ca^{2+}_{(aq)}][SO^{2-}_{4(aq)}]$$

$$K_{sp(CaSO_4)} = (x)(x) = x^2$$

$$K_{sp(CaSO_4)} = (5 \times 10^{-3})^2$$

$$K_{sp(CaSO_4)} = 25 \times 10^{-6}$$

إضاءة

يبيّن الجدول الآتي قيم K_{sp} لبعض الأملاح قليلة الذوبان في الماء، عند الدرجة $25^\circ C$:

قيمة جداء الذوبان K_{sp}	الملح	قيمة جداء الذوبان K_{sp}	الملح
1.4×10^{-5}	Ag_2SO_4	1.6×10^{-6}	$PbCl_2$
1.8×10^{-10}	$AgCl$	1.2×10^{-26}	$Ca_3(PO_4)_2$
8.1×10^{-12}	Ag_2CO_3	5.0×10^{-9}	$CaCO_3$
8.3×10^{-17}	AgI	1.1×10^{-10}	$BaSO_4$
6.0×10^{-51}	Ag_2S	2.0×10^{-14}	$PbCrO_4$

تطبيقات جداء الذوبان:

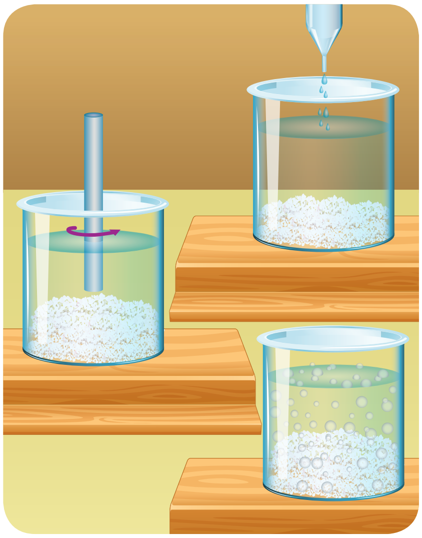
1. ترسيب ملح في محلوله المشبع:

تجربة

الموادّ والأدوات اللّازمة: ملح كبريتات الباريوم، حمض الكبريت، ماء مقطّر، بيشر عدد /2/، ساق زجاجية، قمع، أوراق ترشيح.

خطوات التجربة:

- أضع كمّيّة من الماء المقطّر في بيشر.
- أضيف كمّيّة قليلة من ملح كبريتات الباريوم إلى الماء في البيشر السّابق مع التّحريك حتى تشكّل راسباً.



- أرشّح المحلول السابق، وأضيف إلى الرُّشاحة قطرات من حمض الكبريت، ماذا ألاحظ؟ أفسّر ذلك.

ألاحظ:

- تشكُّل راسب ملحيّ عند إضافة حمض الكبريت إلى الرُّشاحة.

أفسّر:

- معادلة التّوازن غيرِ المتجانس لهذا الملح: $BaSO_{4(s)} \rightleftharpoons Ba^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$

عندَ إضافةِ حمضِ الكبريت يزدادُ تركيز أيّونات الكبريتات في المحلول، فيصبح $Q > K_{sp}$ أي المحلول فوق مشبع، فتترسّب كمّيّة من ملح كبريتات الباريوم حتّى الوصول لحالة توازن جديدة (وهذا يتّفق مع قاعدة لوشاتولييه).

نتيجة:

عندما يُضاف إلى المحلول المشبع لملح قليل الذوّبان مادّة تحتوي على أحد أيّونات هذا الملح، فإنّ تركيز هذا الأيّون سيزداد في المحلول، فيصبح $Q > K_{sp}$ أي المحلول فوق مشبع، فتترسّب كمّيّة من الملح قليل الذّوبان حتّى الوصول لحالةِ توازنِ جديدة (وهذا يتّفق مع قاعدة لوشاتولييه).

٢. إذابة ملح قليل الذّوبان:

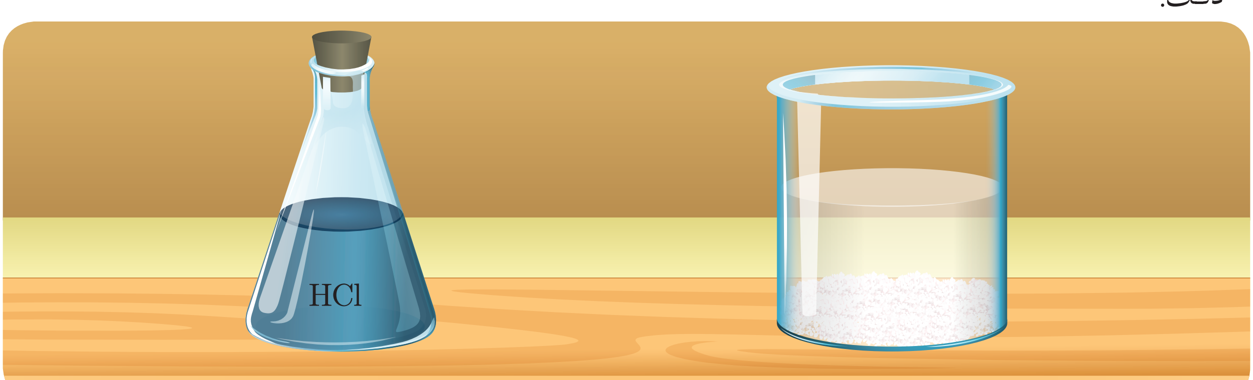


تجربة

الموادّ والأدوات اللّازمة: ملح فوسفات ثلاثيّ الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$، حمض كلور الماء، ماء مقطّر، بيشر عدد (2)، ساق زجاجيّة.

خطوات التجربة:

- أضع كمّيّة من الماء المقطّر في بيشر.
- أضيف كمّيّة قليلة من ملح فوسفات ثلاثيّ الكالسيوم إلى الماءِ في البيشر السّابق مع التّحريك حتّى تشكّل راسب.
- أضيف كمّيّة من محلول حمض كلور الماء إلى محلول الملح السّابق مع التّحريك. ماذا ألاحظ؟ أفسّر ذلك.



ألاحظ:

- زيادة ذوبان ملح فوسفات ثلاثيّ الكالسيوم عند إضافة حمض كلور الماء.

أفسّر:

- معادلة التّوازن غير المتجانس لملح فوسفات ثلاثيّ الكالسيوم: $Ca_3(PO_4)_{2(s)} \rightleftharpoons 3Ca^{2+}_{(aq)} + 2PO^{3-}_{4(aq)}$ عند إضافةِ حمض كلور الماء تتّحد أيّونات الهدرونيوم النّاتجة عن تأيّنه مع أيّونات الفوسفات، وينتج حمض الفوسفور H_3PO_4 ضعيف التأيّن، فيتناقص تركيز أيّونات الفوسفات، ويصبح $Q < K_{sp}$ أي المحلول غير مشبع، فتذوب كمّيّة إضافيّة من ملح فوسفات ثلاثيّ الكالسيوم حتّى الوصول لحالةِ توازنٍ جديدةٍ (وهذا يتّفق مع قاعدة لوشاتوليه)

نتيجة:

عندما يُضاف إلى محلول ملح قليل الذوّبان مادّة تتفاعل مع أحد أيّونات هذا الملح، وينتج مركّب ضعيف التأيّن، فإنّ تركيز هذا الأيّون سيتناقص في المحلول، ويصبح $Q > K_{sp}$ أي المحلول غير مشبع، فتذوب كمّيّة إضافيّة من هذا الملح حتّى الوصول لحالةِ توازنٍ جديدةٍ (وهذا يتّفق مع قاعدةِ لوشاتوليه)

نشاط (4):

لديك محلول فوقَ مشبع لملح فوسفات الفضة. اقترح طريقة لإذابة كميّة إضافية من هذا الملح.

تطبيق (3):

محلول مائيّ مُشبع لملح كلوريد الفضة قليل الذّوبان، إذا علمتَ أن له $K_{sp(AgCl)} = 6.25 \times 10^{-10}$ في شروط التّجربة. المطلوب:

1. **أكتبْ معادلة التّوازن غير المتجانس لهذا الملح.**
2. **أحسب تركيز أيّونات الكلوريد في محلوله المشبع.**
3. **أحسب ذوبانيّة هذا الملح مقدّرة بـ $g.L^{-1}$.**
4. **يُضاف إلى محلول الملح السّابق مسحوق ملح نترات الفضّة بحيث يصبحُ تركيزه $1.5 \times 10^{-5} mol.L^{-1}$، أكتب معادلة إماهة ملح نترات الفضّة، ثمّ أبيّن بالحساب إن كان يترسّب ملح كلوريد الفضَّة أو لا.**
5. **أقترح طريقة ثانية لترسيب هذا الملح في محلوله المشبع.**

الحل:

.1

	$AgCl_{(s)}$	$\rightleftharpoons$	$Ag^{+}_{(aq)}$	+	$Cl^{-}_{(aq)}$
تراكيز بدء	x		0		0
تراكيز محلول مشبع	0		x		x

.2

$$K_{sp(AgCl)} = [Ag^{+}_{(aq)}][Cl^{-}_{(aq)}]$$
$$6.25 \times 10^{-10} = x^2$$
$$x = 2.5 \times 10^{-5} mol.L^{-1}$$
$$s = x = [Cl^-] = [Ag^+] = 2.5 \times 10^{-5} mol.L^{-1}$$

.3
$$s_{(g.L^{-1})} = s_{(mol.L^{-1})} M_{(AgCl)}$$
$$M_{(AgCl)} = 108 + 35.5 = 143.5 g.mol^{-1}$$
$$s_{(g.L^{-1})} = 2.5 \times 10^{-5} \times 143.5 = 3.5875 \times 10^{-7} g.L^{-1}$$

.4 يتميّه الملح المُضاف وفق المعادلة: $AgNO_{3(s)} \longrightarrow Ag^{+}_{(aq)} + NO^{-}_{3(aq)}$

$$\quad y \qquad y \qquad y$$

تركيز الأيّونات المُضافة $y = [AgNO_3] = [Ag^{+}_{(aq)}] = [NO^{-}_{3(aq)}] = 1.5 \times 10^{-5} = mol.L^{-1}$

تركيز أيّونات الفضّة الجديد في المحلول: $[Ag^{+}_{(aq)}]' = 1.5 \times 10^{-5} + 2.5 \times 10^{-5} = 4 \times 10^{-5} mol.L^{-1}$

$$Q_{(AgCl)} = [Ag^{+}_{(aq)}]' [Cl^{-}_{(aq)}]$$
$$Q_{(AgCl)} = [4 \times 10^{-5}]' [1.5 \times 10^{-5}] = 6.0 \times 10^{-5}$$
$$Q_{(AgCl)} > K_{sp}$$

يترسّب قسم من ملح كلوريد الفضّة.

.5 إضافة مادّة تأيّنها تامّ أو ذوّابة تحتوي على أحد أيّونات هذا الملح، مثل: KCl.

تطبيق (4):

يُضاف $100\,mL$ من محلول نترات الرّصاص $Pb(NO_3)_2$ ذي التركيز $0.05 mol.L^{-1}$ إلى $400\,mL$ من محلول $NaCl$ ذي التّركيز $0.1 mol.L^{-1}$، فإذا كان $K_{sp(PbCl_2)} = 1.6 \times 10^{-6}$ في شروط التّجربة. المطلوب أبيّن حسابيّاً إن كان جزء من ملح كلوريد الرّصاص $PbCl_2$ يترسّب أو لا؟

الحل:

أكتب معادلة التّوازن غير المتجانس لهذا الملح: $PbCl_{2(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)}$

أحسب التّراكيز بعد المزج: $C' = \frac{n}{V'} = \frac{CV}{V_t}$

$$[Pb^{2+}]' = [Pb(NO_3)_2] = \frac{0.05 \times 100}{500} = 0.01\, mol.L^{-1}$$
$$[Cl^{-}]' = [NaCl] = \frac{0.1 \times 400}{500} = 0.08\, mol.L^{-1}$$

أحسب قيمة الجداء الأيّوني للملح:
$$Q_{(PbCl_2)} = [Pb^{2+}_{(aq)}]' [Cl^{-}_{(aq)}]'^{2}$$
$$Q_{(PbCl_2)} = (0.01) \times (0.08)^2 = 6.4 \times 10^{-5}$$

أقارن النتائج: بما أنَّ $Q_{(PbCl_2)} > K_{sp(PbCl_2)}$، المحلول فوق مشبع يتشكّل راسب من $(PbCl_2)$

حلمهة الملح :

تجربة

الموادّ والأدوات اللّازمة: عيّنات من أملاح: $NaCl$ ، NH_4Cl ، CH_3COONa ، بيشر عدد 3، ماء مقطّر، ورقة مشعر عام أو مقياس pH .

خطوات التجربة:

- أضع في كلّ بيشر كمّيّة مناسبة من الماء المقطّر.
- أضيف كمّيّة قليلة من: $NaCl$ للبيشر الأوّل، NH_4Cl إلى البيشر الثّاني، CH_3COONa إلى البيشر الثّالث مع التّحريك.
- أحدّد طبيعة كلّ محلول ملحيّ باستخدام ورقة مشعر عام أو مقياس pH ، وأكمل الجدول الآتي:

صيغة الملح	NH_4Cl	CH_3COONa	$NaCl$
طبيعة الوسط	------------	------------	------------
الملح مشتق من	حمض قوي وأساس ضعيف	------------	------------

نتيجة:

- المحاليل المائيّة للأملاح الذّوّابة، حمضيّة أو أساسيّة أو معتدلة، ويعود هذا الاختلاف إلى قوّة الحموض والأسس التي اشتقّت منها تلك الأملاح.
- حلمهة الأملاح: هو تفاعل أيّون الملح النّاتج من الحمض الضَّعيف، أو الأساس الضَّعيف، أو كليهما مع الماء، وهو تفاعل عكوس ينتج عنه الحَمض أو الأساس الضّعيف، وغالباً يرافقه تغيّر في قيمة pH المحلول.
- أيّونات الملح النَّاتجة من حمض قويّ أو أساس قويّ حياديّة، لا تتفاعلُ مع الماء، أي لا تتحلمه.

تطبيق (5):

أكتب معادلة إماهة ملح كلوريد البوتاسيوم، ثمّ أحدّد طبيعة الوسط، مفسّراً الإجابة.

$$KCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

الوسط معتدل لأنَّ أيّونات الملح حياديّة، لا تتحلّمه.

حلمهة ملح ناتج عن حمض قويّ وأساس ضعيف:

نشاط (5):

محلول مائيّ لملح نترات الأمونيوم، المطلوب:

1. **أكتبُ معادلة إماهة الملح.**
2. **أكتبُ معادلة حلمهة هذا الملح، ثمّ أحدّد طبيعة الوسط الناتج.**

3. أكتبُ عبارة ثابت حلمهة هذا الملح K_h.
4. أستنتج العلاقة بين ثابت حلمهة هذا الملح K_h وثابت تأيّن المحلول المائيّ للنّشادر K_b.

الحل:

1. يتميّه ملح نترات الأمونيوم وفقَ المعادلةِ الآتية: $NH_4NO_{3(s)} \xrightarrow{H_2O} NH^+_{4(aq)} + NO^-_{3(aq)}$
2. أيّون النّترات حياديّاً لا يتفاعل مع الماء، أمّا أيّون الأمونيوم يتفاعل مع الماء (يتحلّمه) وفقَ المعادلةِ الآتية:
$$NH^+_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3(g)} + H_3O^+_{(aq)}$$
3. إنّ الحلمهة تحدث للأيّون الضّعيف من الملح (الجزء الأساسي NH_4^+)، وينتج أيّون H_3O^+، ممّا يدلّ على أنّ المحلول أصبح حمضيّاً وقيمة $pH < 7$. و ثابت التّوازن لهذا التّفاعل، يُسمَّى بثابت الحلمهة، ويُعطى بالعلاقة:
$$K_h = \frac{[NH_3][H_3O^+]}{[NH_4^+]}$$
4. النّشادر يتأيّن بالماء وفقَ المعادلةِ: $NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$

وثابت تأيّنه: $K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$

فيكون: $K_hK_b = \frac{\cancel{[NH_3]}[H_3O^+]}{\cancel{[NH_4^+]}} \times \frac{\cancel{[NH_4^+]}[OH^-]}{\cancel{[NH_3]}} = K_w$

نتيجة:

عند حلمهة الأملاح النّاتجة عن حمض قويّ وأساس ضعيف:

- يتحلمَهُ الأيّون النّاتج عن الأساس الضَّعيف، وتكون قيمة $pH < 7$.
- $K_h\, K_b = K_w$

تطبيق(6):

محلول مائيّ لملح كلوريدِ الأمونيوم NH_4Cl تركيزه $0.18\ mol.L^{-1}$، إذا علمتَ أنّ ثابت تأيّن محلول النّشادر عندَ الدّرجة $25^\circ C$ يساوي 1.8×10^{-5}. أحسب:

1. **قيمة ثابت حلمهة هذا الملح.**
2. **قيمة كلّ من $[H_3O^+]$ و $[OH^-]$.**
3. **قيمة pH المحلول، ثمّ أحدّد طبيعة المحلول النّاتج.**
4. **النّسبة المئوية المتحلمهة من هذا الملح.**

الحل:

1. حساب قيمة ثابت الحلمهة: $K_h = \frac{K_w}{K_b} = \frac{10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = \frac{10^{-9}}{1.8}$

2. حساب $[H_3O^+]$: بما أنّ الملح نترات الأمونيوم يتحلمه وفق المعادلة الآتية:

$$NH^+_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3(g)} + H_3O^+_{(aq)}$$

تراكيز بدء	0.18	0	0
تراكيز توازن	$0.18 - x$	$+x$	$+x$

ثابت الحلمهة يعطى بالعلاقة: $K_h = \dfrac{[NH_3][H_3O^+]}{[NH_4]}$

وبالتّعويض: $\dfrac{10^{-9}}{1.8} = \dfrac{x^2}{0.18 - x}$

تهمل x أمام 0.18 من المقام لصغرِ قيمةِ K_h: $x^2 = \dfrac{0.18 \times 10^{-9}}{1.8} = 10^{-10}$

$x = 10^{-5}\,mol.L^{-1}$

$x = [H_3O^+] = 10^{-5}\,mol.L^{-1}$

حساب $[OH^-]$: $[OH^-] = \dfrac{K_w}{[H_3O^+]} = \dfrac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9}\,mol.L^{-1}$

3. حساب قيمة pH المحلول: $pH = -\log[H_3O^+]$

$pH = -\log 10^{-5} = 5$ الوسط حمضي

4. حساب النسبة المئوية المتحلمهه من الملح:

كلّ $0.18\,mol.L^{-1}$ من ملح نترات الأمونيوم يتحلمَهُ منه $x = 10^{-5}\,mol.L^{-1}$

كل $100\,mol.L^{-1}$ من ملح نَترات الأمونيوم يتحلمَهُ منه $y\,mol.L^{-1}$

$y = \dfrac{10^{-5} \times 100}{0.18} = 5.5 \times 10^{-3}\,mol.L^{-1}$

وتكتب كنسبةٍ مئويّةٍ: $y = 5.5 \times 10^{-3}\%$

حلمهة ملح ناتج عن حمضٍ ضعيفٍ وأساسٍ قويٍّ:

نشاط (7):

محلول مائيّ لملح سيانيد الصّوديوم، المطلوب:

1. **أكتبُ معادلة إماهة الملح.**
2. **أكتبُ معادلة حلمهة هذا الملح، ثمّ أحدّد طبيعة الوسط.**
3. **أكتبُ عبارة ثابت حلمهة هذا الملح K_h.**
4. **أستنتج العلاقة بين ثابت حلمهة هذا الملح K_h وثابت تأيّن حمض السّيانيد K_b.**

الحل:

1. يتميّه ملح سيانيد الصّوديوم وفقَ المعادلةِ الآتية: $NaCN_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$
2. أيّون الصّوديوم حياديّاً لا يتفاعل مع الماء، أمّا أيّون السّيانيد يتفاعل مع الماء (يتحلّمه) وفقَ المعادلةِ الآتية:

$$CN^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCN_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

إنّ الحلمهة تحدث للأيّون الضّعيف من الملح (الجزء الحمضيّ CN^-)، وينتج أيّون OH^-، ممّا يدلّ على أنّ المحلول أصبح أساسيّاً وقيمة $pH > 7$.

3. ثابت التّوازن لهذا التّفاعل، يُسمَّى بثابت الحلمهة، ويُعطى بالعلاقة: $K_h = \frac{[HCN][OH^-]}{[CN^-]}$

4. يتأيّن حمض السيانيد الهدروجين بالماء وفق المعادلة: $HCN_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CN^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

وثابت تأيّنه: $K_a = \frac{[CN^-][H_3O^+]}{[HCN]}$

فيكون: $K_h K_a = \frac{[HCN][OH^-]}{[CN^-]} \times \frac{[CN^-][H_3O^+]}{[HCN]} = K_w$

نتيجة:

عند حلمهة الأملاح النّاتجة عن حمضٍ ضعيفٍ وأساسٍ قويٍّ:

- يتحلمهُ الأيّون النّاتج عن الأساس الضَّعيف، وتكون قيمة $pH > 7$.
- $K_h\, K_a = K_w$

تطبيق (7):

محلول مائيّ لملح خلّات الصُّوديوم تركيزه $0.2\ mol.L^{-1}$، وقيمة ثابت تأيّن حمض الخلّ في شروط التجربة يساوي 2×10^{-5}. المطلوب:

1. أحسب قيمة pOH هذا المحلول.

2. أستنتج طبيعة المحلول النّاتج.

3. يُضاف إلى المحلول السابق قطرات من محلول NaOH بحيث تركيزه $0.01\ mol.L^{-1}$، أحسب النسبة المئوية المتحلمهة من ملح خلات الصّوديوم في هذه الحالة.

الحل:

1. يتميّه ملح خلات الصوديوم وفق المعادلة: $CH_3COONa_{(s)} \xrightarrow{H_2O} CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$

ويتحلمه وفق المعادلة: $CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$

	CH_3COO^-	CH_3COOH	OH^-
تراكيز بدء	0.2	0	0
تراكيز توازن	$0.2 - x$	$+x$	$+x$

علاقة ثابت الحلمهة بدلالة التّراكيز: $K_h = \frac{[CH_3COOH]\,[OH^-]}{[CH_3COO^-]}$

حساب ثابت الحلمهة: $K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-5}} = 5 \times 10^{-10}$

وبالتّعويض: $5 \times 10^{-10} = \frac{x^2}{0.2 - x}$

تهمل x أمام 0.2 من المقام لصغرِ قيمة K_h:

$$x^2 = 10^{-10}$$
$$x = [OH^-] = 10^{-5} mol.L^{-1}$$
$$pOH = -\log[OH^-] = -\log[10^{-5}] = 5$$
$$pH = 14 - pOH = 14 - 5 = 9$$

2. طبيعة المحلول النّاتج عن الحلمهة أساسيّة، لأن: $pOH = 5 < 7$

3. يتأيّن NaOH كليّاً بالماء وفق المعادلة:

$$NaOH \longrightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$
$$[NaOH] = [Na^+_{(aq)}] = [OH^-_{(aq)}] = 0.01\, mol.L^{-1}$$

حساب النّسبة المئويّة المتحلمهة من خلّات الصّوديوم في هذه الحالة:

	CH_3COO^- + H_2O	$\rightleftharpoons$	CH_3COOH +	OH^-
تراكيز بدء	0.2		0	0.01
تراكيز توازن	$0.2 - x$		$+x$	$0.01 + x$

علاقة ثابت الحلمهة بدلالة التّراكيز: $K_h = \dfrac{[CH_3COOH][OH^-]}{[CH_3COO^-]}$

بالتّعويض: $5 \times 10^{-10} = \dfrac{x(0.01 + x)}{0.2 - x}$

تهمل x أمام 0.01 في البسط، أمام 0.2 في المقام المقام لصغرِ قيمةِ K_h: $x = 10^{-8}\, mol.L^{-1}$

حساب النسبة المئوية المتحلمهه من خلّات الصّوديوم في هذه الحالة:

كلّ $0.2\, mol.L^{-1}$ من ملح نترات الأمونيوم يتحلمَهُ منه $x = 10^{-8}\, mol.L^{-1}$

كل $100\, mol.L^{-1}$ من ملحَ نترات الأمونيوم يتحلمَهُ منه $y\, mol.L^{-1}$

$$y = \frac{10^{-8} \times 100}{0.2} = 5 \times 10^{-6}\, mol.L^{-1}$$

وتكتب كنسبةٍ مئويّةٍ: $y = 5 \times 10^{-6}\%$

نشاط (8):

محلـول مائـيّ لملـح سـيانيد الصّوديـوم تركيـزه $0.05\, mol.L^{-1}$، إذا علمـتَ أنَّ قيمـة ثابـت حلمهـة هـذا الملـح $K_h = 2 \times 10^{-5}$. المَطلـوب:

1. **حساب قيمة pH هذا المحلول.**
2. **ما طبيعة هذا المحلول؟ علّل إجابتك.**

حلمهة ملح ناتج عن حمض ضعيف وأساس ضعيف:

نشاط (9):

محلول مائيّ لملح خلّات الأمونيوم،المطلوب:

1. **أكتبُ معادلة إماهة هذا الملح.**
2. **أكتبُ معادلة حلمهة هذا الملح.**
3. **أكتبُ عبارة ثابت حلمهة هذا الملح K_h.**

4. **أستنتج العلاقة بين ثابت حلمهة هذا الملح K_h وثابت تأيّن حمض الخلّ K_a وثابت تأيّن هِدروكسيد الأمونيوم K_b.**

الحل:

1. يتميّه خلّات الأمونيوم وفق المعادلة الآتية: $CH_3COONH_{4(s)} \xrightarrow{H_2O} NH^+_{4(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$

2. يتفاعل أيّون الخلّات مع الماء (يتحلمه) وفق المعادلة الآتية:

$$CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COOH_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

يتفاعل أيّون الأمونيوم مع الماء (يتحلمه) وفق المعادلة الآتية: $NH^+_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+_{(aq)}$

بجمع المعادلتين السّابقتين تنتج المعادلة الممثّلة لحلمهة ملح خلّات الأمونيوم:

$$NH^+_{4(aq)} + CH_3COO^- \rightleftharpoons CH_3COOH + NH_3$$

3. ثابت حلمهته: $K_h = \dfrac{[NH_3][CH_3COOH]}{[NH_4^+][CH_3COO^-]}$

4. يُضرب البسط والمقام للطّرف الأيمن لعلاقة K_h بالجداء الأيّوني للماء $K_w = [H_3O^+][OH^-]$ فنجد

$$K_h = \frac{[NH_3]}{[NH_4^+][OH^-]} \times \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COOH][H_3O^+]} \times [H_3O^+][OH^-]$$

$$K_h = \frac{1}{K_b} \times \frac{1}{K_a} \times K_w$$

نتيجة:

- الأملاح النّاتجة عن تفاعل حمض ضعيف وأساس ضعيف:
  - تتحلمه بتفاعل جزئي الملح الحمضيّ والأساسيّ مع الماء.
  - ثابت حلمهة الملح يُعطى بالعلاقة: $K_h = \dfrac{K_w}{K_b K_a} = \dfrac{10^{-14}}{K_b K_a}$
- تتوقّف قيمة pH المحلول على قوّة كلّ من الحَمض والأساس النّاتجين عن الحلمهة:
  - إذا كان $K_a > K_b$ ، فإن $[H_3O^+] > [OH^-]$ ، أي الوسط حمضيّ ($pH < 7$ بقليل).
  - إذا كان $K_a < K_b$ ، فإن $[H_3O^+] < [OH^-]$ ، أي الوسط أساسي ($pH > 7$ بقليل).
  - إذا كان $K_a = K_b$ ، فإن $[H_3O^+] = [OH^-]$ ، أي الوسط معتدل ($pH = 7$ حالة نادرة).

المحاليل المنظمة للحموضة:

تجربة

الموادّ والأدوات اللّازمة: بيشر عدد 4، مقياس pH، محلول حمض الخلّ، ملح خلّات الصّوديوم، محلول هِدروكسيد الأمونيوم، ملح كلوريد الأمونيوم، محلول حمض كلور الماء، محلول هِدروكسيد الصّوديوم.

خطوات التجربة:

- أضع في كلّ من البيشر الأوّل والثّاني حجمين متساويين من حمض الخلّ وخلّات الصّوديوم وأقيس قيمة pH المحلول.
- أضيف إلى البيشر الأوّل كمّيّة قليلة من حمض HCl، وأقيس قيمة pH. ماذا ألاحظ؟
- أضيف إلى البيشر الثّاني كمّيّة قليلة من NaOH، و أقيس قيمة pH. ماذا ألاحظ؟
- أضع في كلّ من البيشر الثّالث والرّابع حجمين متساويين من محلول هِدروكسيد الأمونيوم وكلوريد الأمونيوم وأقيس قيمة pH المحلول.
- أضيف إلى البيشر الثّالث كمّيّة قليلة من حمض HCl، وأقيس قيمة pH. ماذا ألاحظ؟
- أضيف إلى البيشر الرّابع كمّيّة قليلة من NaOH، وأقيس قيمة pH. ماذا ألاحظ؟

ألاحظ:

- تغيّراً طفيفاً في قيمة pH المحلول في كلّ من الحالات السّابقة.

أستنتج:

- محلول حمض الخلّ وخلّات الصّوديوم يحدّ من تغيّر قيمة pH المحلول عندما نضيف له كمّيّة قليلة من حمض قويّ أو أساس قويّ.
- محلول هِدروكسيد الأمونيوم وكلوريد الأمونيوم يحدّ من تغيّر قيمة pH المحلول عندما نضيف له كمّيّة قليلة من حمض قويّ أو أساس قويّ.

نتيجة:

يتألف المحلول المنظّم للحموضة من محلول حمض ضعيف وأحد أملاحه الذّوابة. أو من محلول أساس ضعيف وأحد أملاحه الذّوابة.

إثراء:

تبلغ قيمة درجة الحموضة للدّمّ $pH = 7.4$، ويحافظ الدّمُ على هذه القيمة بسبب وجود محاليل منظّمة تدخل في مجرى الدم، أهمّها محلول حمض الكربون وملح بيكربونات الصّوديوم H_2CO_3/HCO_3^-، وإذا حصل أيّ انحراف ملموس عن قيمة الـ pH يمكن أن يؤدّي لنتائج فيزيولوجيّة خطيرة على صحّة الإنسان.

آليّة عمل المحلول المنظّم في الدّم.

عندما يزداد تركيز الهدرونيوم تتفاعل أيّونات البيكربونات مع أيونات الهدرونيوم ، فيتكوّن كمية من حمض الكربون ضعيف التأيّن ، تعادل كميّة الهدرونيوم الفائض ممّا يقلّل من تغيّر pH الوسط وفق المعادلة الآتية: $HCO_3^- + H_3O^+ \rightleftharpoons H_2CO_3 + H_2O$

عندما يزداد تركيز الهدروكسيد يتفاعل حمضُ الكربون مع أيّونات الهدروكسيد، فتتكوّن كمّيّة من أيّونات البيكربونات تعادل كمّيّة الهدروكسيد الفائض، ممّا يقلّل من تغير الـ pH وفق المعادلة الآتية: $H_2CO_3 + OH^- \rightleftharpoons HCO_3^- + H_2O$

تعلّمت

- الملح يتمتّع بخاصيّة قطبيّة، لأنه مركّبٌ أيونيٌّ، يتألّف من جزأين:
  - جزء أساسيٌّ موجبٌ، أيّون معدنيّ أو أكثر، أو جذر أمونيوم أو أكثر.
  - جزء حمضيٌّ سالبٌ، أيّون لا معدنيّ أو أكثر، أو جذر حمضيّ أو أكثر.
- الجداء الأيّونيّ Q :يمثّل جداء تراكيز أيّوناتِ الملح قليل الذّوبانِ ،مرفوعةً كلّ منها إلى أُسٍّ يساوي أمثالَها التّفاعليّة .
- ثابت جداء الذّوبان K_{sp} يمثّل جداء تراكيز أيّوناتِ الملح قليل الذّوبان، مرفوعةِ كلّ منها إلى أسٍّ يساوي أمثالَها التّفاعليّة في المحلول المشبع. ونميّز ثلاث حالات:
  - $K_{sp} > Q$ المحلول غير مشبع.
  - $K_{sp} = Q$ المحلول مشبع.
  - $K_{sp} < Q$ المحلول فوق مشبع (يتشكّل راسب من الملحِ)
- حلمهة الأملاح: هو تفاعلُ أيّونِ الملح النّاتج من الحمض الضّعيفِ أو الأساسِ الضّعيفِ أو كليهما مع الماء، وهو تفاعلٌ عكوسٌ يَنتجُ عَنه الحمضُ أو الأساسُ الضّعيف أو كلاهما، وغالباً يرافقهُ تغيّر في قيمةِ pH المحلول.
- عند حلمهة الأملاح النّاتجة عن حمضٍ ضعيفٍ وأساسٍ قويٍّ:
  - يتحلمه الأيّون النّاتج عن الحمض الضّعيفِ، وتكون قيمة $pH > 7$.
  - $K_h\, K_a = K_w$

- عند حلمهة الأملاح النّاتجة عن حمضٍ قوي وأساسٍ ضعيفٍ:
  - يتحلمه الأيّون النّاتج عن الأساسِ الضَّعيفِ، وتكون قيمة $pH < 7$.
  - $K_h K_b = K_w$
- الأملاح النَّاتجة عن تفاعل حمض ضعيف وأساس ضعيف:
  - تتحلمه بتفاعلِ جزأيّ الملحِ الحمضيّ والأساسيّ مع الماء.
  - ثابت حلمهة الملح يُعطى بالعلاقة: $K_h = \frac{K_w}{K_b K_a} = \frac{10^{-14}}{K_b K_a}$
- تتوقَّف قيمة المحلول على قوّةِ كلّ من الحمضِ والأساسِ النّاتِجَين عن الحلمهة:
  - إذا كان $K_a > K_b$ ، فإن $[H_3O^+] > [OH^-]$، أي الوسط حمضيّ ($pH < 7$ بقليل).
  - إذا كان $K_a < K_b$ ، فإن $[H_3O^+] < [OH^-]$، أي الوسط أساسي ($pH > 7$ بقليل).
  - إذا كان $K_a = K_b$ ، فإن $[H_3O^+] = [OH^-]$، أي الوسط معتدل ($pH = 7$ حالة نادرة).
- يتألّف المحلولُ المنظّمُ للحموضةِ من محلولِ حمضٍ ضعيفٍ وأحد أملاحِهِ الذّوابة. أو من محلولِ أساسٍ ضعيفٍ وأحد أملاحه الذّوابة.

أختبر نفسي

أولاً: اختر الإجابة الصّحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. الملح الذوّاب الذي يتحلمه في الماء من الأملاح الآتية هو:

a. KCl b. $NaNO_3$ c. NH_4NO_3 d. $CaSO_4$

2. المحلول المائي الذي له أكبر قيمة pH من المحاليل الآتية المتساوية التراكيز هو:

a. $NaCl$ b. CH_3COONH_4 c. NH_4NO_3 d. CH_3COONa

3. يحصل توازن غير متجانس بين الطّور الصّلب والطّور المذاب في محلولٍ مائيّ لملح قليل الذّوبان هو:

a. $PbCrO_4$ b. $Pb(NO_3)_2$ c. Na_2SO_4 d. $(NH_4)_3PO_4$

4. محلول مائي لملح Na_2CO_3 تركيزه $1.6\ g.L^{-1}$، يُمدّد بإضافةِ كمّيّةٍ من الماءِ المقطّرِ إليه بحيث يُصبحُ حجمه أربعةَ أضعافِ ما كان عليه، فيكون التّركيز الجديد لأيّونات الصّوديوم في المحلولِ مساوياً:

a. $0.6\ g.L^{-1}$ b. $0.4\ g.L^{-1}$ c. $0.8\ g.L^{-1}$ d. $0.2\ g.L^{-1}$

5. إذا علمت أنَّ: $K_{sp(AgCl)} = 6.25 \times 10^{-10}$ عندَ درجةِ حرارةٍ معيّنةٍ، فيكونُ تركيزُ أيّوناتِ الفضّة مقدراً بـ $mol.L^{-1}$ في المحلول المشبع لـ AgCl مساوياً:

a. 1.25×10^{-10} b. 2.5×10^{-10} c. 2.5×10^{-5} d. 6.25×10^{-5}

6. عندَ تمديدِ محلولٍ مائيٍّ لملح KNO_3 تركيزه $2.4\ mol.L^{-1}$ بإضافةِ كمّيّةٍ من الماءِ المقطَّرِ إليه تساوي ثلاثةَ أمثالِ حجمِه، يكونُ التّركيزُ الجديدُ للمحلولِ مقدَّراً بـ $mol.L^{-1}$ مساوياً:

a. 0.6 b. 0.4 c. 0.3 d. 0.2

ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلّ ممّا يأتي:

1. ذوّبان ملح نترات البوتاسيوم بالماء لا يُعدّ حلمهة.
2. جميع الأملاح تتمتّع بخاصيّة قطبيّة.
3. أملاح الصوديوم جيدة الذوّبان بالماء.
4. ملح كرومات الفضَّة قليل الذوّبان بالماء.

ثالثاً: أجب عن السؤالين الآتيين:



1. يحوي بيشر محلول مشبع لملح $PbCrO_4$ قليل الذوّبان بالماء، يُضاف إليه قطرات من محلول نترات الرّصاص II عديم اللّون. فيتشكّل راسب من كروماتِ الرّصاصِ II. المطلوب:

a. اكتب معادلة التّوازن غير المتجانس لملح كروماتِ الرّصاصِ II
b. اشرح آليّة التَّرسيب التّي حدثتْ لقسمٍ من هذا الملح.
c. اقترح طريقةً ثانيةً لترسيبِ قسمٍ من هذا الملح.
d. اقترح طريقةً لفصلِ المحلولِ عن الرّاسب.

2. اكتب معادلة التّوازن غير المتجانس، وعلاقة جداء الذوّبان لكلّ من محاليل الأملاح المشبعة الآتية:

a. PbS b. $BaCO_3$ c. $MgCO_3$ d. Ag_2CrO_4

رابعاً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

محلول مائيّ لملح خلّات البوتاسيوم تركيزه $0.2\ mol.L^{-1}$ ، فإذا علمتَ أنّ $pH = 9$ له عندَ درجةِ الحرارةِ $25^\circ C$. المطلوب:

1. اكتب معادلة حلمهة هذا الملح.
2. احسب قيمة $[H_3O^+]$.
3. احسب قيمة ثابت الحلمهة للمحلول الملحيّ.
4. احسب ثابت تأيّن حمض الخلّ.
5. احسب النّسبة المئويّة المتحلمهة.
6. ما طبيعة الوسط النّاتج عن الحلمهة؟ علّل إجابتك.

المسألة الثّانية:

محلول مائيّ مشبع لملح كبريتات الفضّة Ag_2SO_4 تركيزه $0.015\ mol.L^{-1}$ ، إذا أضيف إليه ملح كبريتات الصّوديوم Na_2SO_4 بحيث يصبح تركيزه في المحلول $0.01\ mol.L^{-1}$ ، بيّن حسابياً إن كان ملح كبريتات الفضّة يترسّب أو لا؟

المسألة الثّالثة:

محلول مائيّ لملح نترات الأمونيوم NH_4NO_3 تركيزه $2 \times 10^{-3}\ mol.L^{-1}$ ، فإذا علمتَ أنّ ثابت تأيّن النّشادر عندَ درجةِ الحرارةِ $25^\circ C$ هو $K_b = 2 \times 10^{-5}$. المطلوب:

1. اكتب معادلتي إماهة وحلمهة هذا الملح.
2. احسب قيمة ثابت الحلمهة للمحلول الملحيّ.
3. احسب قيمة $[OH^-]$
4. احسب قيمة pH المحلول، ماذا تستنتج؟
5. إذا أُضيف إلى المحلول السّابق قطرات من محلول حمض كلور الماء بحيث يصبح تركيزه $0.01\ mol.L^{-1}$ ، فاحسب النّسبة المئويّة المتحلمهة من ملح نترات الأمونيوم في هذه الحالة.

المسألة الرّابعة:

يُضاف $200\ mL$ من محلول يحتوي على $1 \times 10^{-5} mol$ من كلوريد الباريوم إلى $800\ mL$ من محلول يحتوي على $1 \times 10^{-5} mol$ من كبريتات البوتاسيوم للحصول على محلولٍ مشبعٍ من كبريتات الباريوم. المطلوب:

1. احسب قيمة جداء الذّوبان K_{sp} لملح كبريتات الباريوم.
2. يُضاف قطرات من محلول حمض الكبريت المركّز إلى المحلول المشبع السّابق، ماذا تتوقّع أن يحدث؟ علّل إجابتك. وبيّن إذا كان ذلك يتّفق مع قاعدة لوشاتولييه أو لا؟

تفكير ناقد

استخدام المياه الكلسية يسبب ترسّب كربونات الكالسيوم على أجزاء في الغسالات أو سخانات المياه، ولإزالتها يضاف كمية من محلول حمض كلور الماء، فسّر ذلك.

أبحث أكثر

يُعتبر ملح أكزالات الكالسيوم من أحد مكونات الحصى في الكلى، ابحث في مكتبة مدرستك وفي الشابكة عن الطرائق الكيميائية المستخدمة في إزالتها.

4-3 المعايرة الحجميّة

الأهداف:

* يتعرّف مبدأ المعايرة الحجميّة.
* يقوم بتجارب عمليّة لمعايرة حمض –أساس.
* يرسم المنحنيات البيانيّة لمعايرة حمض–أساس .
* يستنتج بيانيّاً نقطة التّكافؤ.
* يتعرّف مجال المشعر.

الكلمات المفتاحية:

* نقطة التّكافؤ.
* مجال المشعر.
* معايرة حمض أساس.
* منحني المعايرة.



يُعدّ زيت الزّيتون السّوريّ من أغنى المصادر الطّبيعيّة، وأكثرها احتواءً على موادّ مفيدة للصّحّة، تعتبر المعايرة الحجميّة (حمض –أساس) من أحد الطّرائق التي تمكّننا من معرفةِ النّوعيّةِ الجيّدة، وذلك لمعرفة درجة حموضة الزّيت.

المعايرة الحجميّة حمض - أساس :

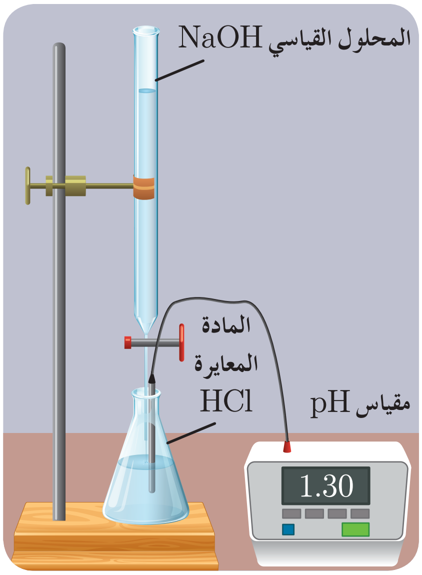
تفيد المعايرة الحجميّة في تحديد تركيز أحد الموادّ المتفاعلة المجهولة التّركيز بتفاعلها مع مادّة أخرى تُدعى المحلول القياسيّ (تركيزه معلوم ومحدّد بدقة).

تجربة:

الموادّ والأدوات اللّازمة:

سحاحة – حامل مع قاعدة – مِلقط تثبيت – أرلينة – أنبوب مدرّج , مشعر أزرق بروم التّيمول ، مقياس pH ، محلول حمض كلور الماء تركيزه $0.1\,mol.L^{-1}$ ، محلول هدروكسيد الصّوديوم تركيزه $0.1\,mol.L^{-1}$.

ا. معايرة حمض قويّ بأساس قويّ:



خطواتُ تنفيذ التّجربة:

1. أركّب الأدوات كما في الشّكل المجاور.
2. أغلق صنبور السّحاحة، وأملأ السّحاحة بمحلول هدروكسيد الصّوديوم، بحيث يمسّ قعر السائل خط التدريجة 0.
3. أضع 50 mL من محلول حمض كلور الماء في الأرلينة، وأُضيف لها قطرات من أزرق بروم التّيمول ، فيتلوَّن المحلول باللّون الأصفر.
4. أضيف محلول هدروكسيد الصّوديوم تدريجيّاً وأسجل دلالة مقياس pH بعد كلّ إضافة.

فكانت النّتائج كالآتي:

حجم NaOH المضاف (mL)	0	10.0	30.0	49.9	50.0	50.1	60.0
قيمة الـ pH	1.0	1.2	1.6	3.0	7.0	11.0	12.0

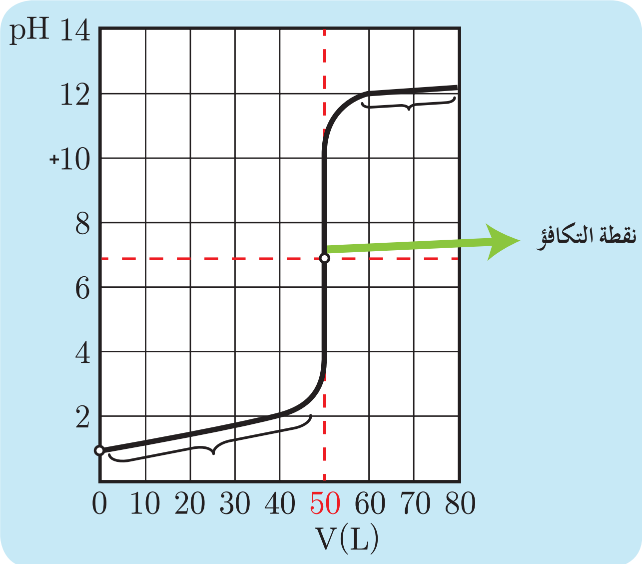
أرسم المنحني البيانيّ لتغيّرات قيم pH المحلول بدلالة حجم الأساس المضاف.

ألاحظ:

- عندَ بدءِ المعايرةِ تكونُ قيمةُ $pH = 1$.
- ازدياد قيمة pH المحلول تدريجياً حتّى القيمة 3 تقريباً.
- تغيّر مفاجئ في قيمة pH بين القيمتين 3 و 11.
- تغيّر لون المحلول من اللّون الأصفر إلى الأزرق.

أفسر:

- تـزداد قيمـة pH المحلـول تدريجيّاً نتيجـة تناقـص تراكيـز أيّونـات الهدرونيـوم H_3O^+ لتفاعلهـا مـع أيّونـات الهدروكسيد OH^- المضافة وفق المعادلة الأيّونية الآتية: $H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$
- عنـد اتّحـاد جميـع أيّونـات H_3O^+ فـي المحلـول الحمضّـيّ مـع جميـع أيّونـات OH^- المضافـة تصبـح قيمـة $pH = 7$، وتدعـى نقطـة نهايـة المعايـرة (نقطـة التّكافـؤ).
- بإضافة قطـرة مـن هدروكسـيد الصّوديـوم يتحـوّل المحلـول إلـى أساسـيّ، وتصبـح $pH = 11$.
- يتغيّر لـون المحلـول نتيجـة تغيّـر لـون مشـعر أزرق بـروم التيمـول بتغيُّـر قيـم pH المحلـول، ممّـا يـدلّ علـى انتهـاء تفاعـل المعايـرة.



أستنتج:

عند نهايةِ تفاعل المعايرة يكون:

- **عـدد مـولات أيّونـات الهدرونيـوم H_3O^+ الابتدائيـة = عـدد مـولات أيّونـات الهدروكسـيد OH^- المضافة**

$$n_{(OH^-)} = n_{(H_3O^+)}$$
$$C_1V_1 = C_2V_2$$

- $[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7}\,mol.L^{-1}$
- **قيمة $pH = 7$ عند نهاية تفاعل المعايرة، تقع ضمن مجال المشعر أزرق بروم التّيمول (6.0 ← 7.6)**

إضاءة

يُعتَبـر محلـول كربونـات الصوديـوم محلـولاً قياسـياً، أكثـر دقـة مـن محلـول هدروكسـيد الصوديوم أو هدروكسـيد البوتاسـيوم، وذلـك لأنهمـا يمتصـا المـاء وهمـا فـي حالتهمـا الصلبة ممّـا يتعـذّر الحصـول علـى وزن دقيـق مـن المـادة.

تطبيق(1):

عنـد معايـرة محلـول حمـض الكبريـت تركيـزه $0.05\,mol.L^{-1}$ بمحلـول هدروكسـيد الصوديـوم تركيـزه $0.2\,mol.L^{-1}$ لـزم $20\,mL$ منـه لإتمـام المعايـرة.

1. **أكتب معادلة التّفاعل الحاصل، ثمّ أكتب المعادلة الأيّونية لتفاعل المُعايرة الحاصل.**
2. **أحسب حجم محلول حمض الكبريت اللّازم لإتمام المعايرة.**
3. **أستنتج قيمة pH المحلول عند نقطة نهاية تفاعل المعايرة.**

الحل:

1. معادلة تفاعل المعايرة: $H_2SO_2 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$

المعادلةُ الأُيونيةُ لتفاعلُ المعايرةُالحاصل: $H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$

2. حجم محلول حمض الكبريت اللّازم لإتمام المعايرة: $n_{(H_3O^+)} = n_{(OH^-)}$

$C_1V_1 = C_2V_2$

حمض الكبريت تام التأيّن وثنائيّ الوظيفة الحمضيّة: $[H_3O^+] = 2C_a = 2 \times 0.05 = 0.1\,mol.L^{-1}$

$0.1 \times V_1 = 0.2 \times 20$

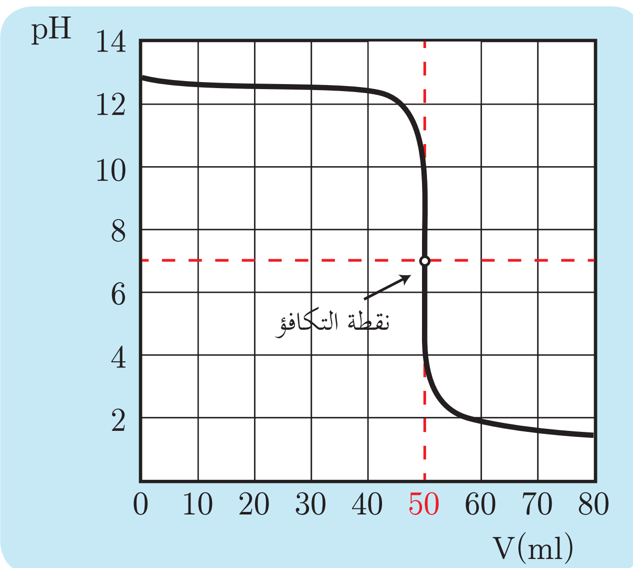
$V_1 = 40\,mL$

3. الملح الناتج عن تفاعل حمض قوي بأساس قوي تكون أيوناته حيادية لا تتفاعل مع الماء وبالتالي $pH = 7$

نشاط(1):

عند معايرة $50\,mL$ من محلول هدروكسيد الصُّوديوم تركيزه $0.1\,mol.L^{-1}$ بمحلولٍ قياسيٍّ لحمضِ الآزوت تركيزه $0.1\,mol.L^{-1}$ حيث يمثّل الشّكل المجاور منحنىً بيانيّاً لتغيّرات قيم pH المحلول بدلالة حجم الحمض المُضاف. المطلوب:

1. ما قيمة pH المحلول هدروكسيد الصوديوم لحظة بدء المعايرة؟
2. بيّن كيف يتغيّر كلٌّ من $[OH^-]$، pH المحلول خلال عمليّة المعايرة.
3. ما قيمة pH المحلول عند نقطة نهاية تفاعل المعايرة؟ فسّر ذلك.
4. ما المشعر المناسب لهذه المعايرة؟

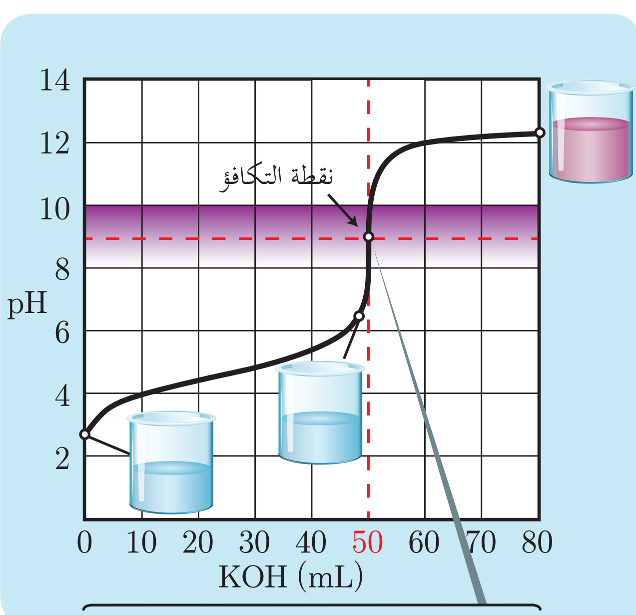


٢. معايرة حمض ضعيف بأساسٍ قويٍّ

نشاط(2):

يمثّل المنحني البيانيّ المجاور تغيّر قيم pH لمحلول حمض الخل بدلالة حجم الأساسِ المُضافِ (هدروكسيد البوتاسيوم) عند معايرة حمض الخلّ بوجود قطرات من مشعر فينول فتالئين. المطلوب:

1. أتعرف قيمة pH المحلول في أثناء تفاعل المعايرة.
2. أكتب معادلة التّفاعل الحاصل، ثمّ أكتب المعادلة الأيّونية لتفاعل المعايرة.



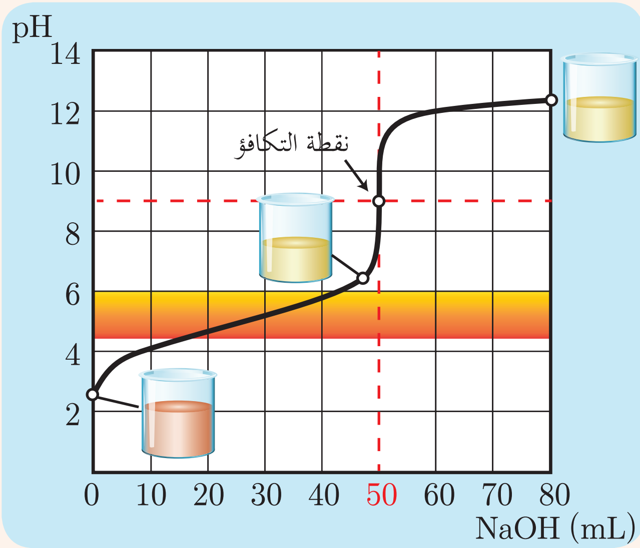
3. أحدّد قيمة pH عند نقطة انتهاء تفاعل المعايرة.
4. أستنتج طبيعة الوسط عند الوصول لنقطة التّكافؤ.

الحل:

1. تزداد قيمة pH تدريجيّاً حتّى القيمة 6.3 نتيجة تناقص تركيز الحمض بتفاعله مع أيّونات الهِدروكسيد OH^- المُضافة، ويحصل تغيّر مفاجئ لقيمة pH بين (10.3, 6.3) تقريباً، وبإضافة قطرة من الأساس يصبح قيمة $pH > 10.3$.
2. معادلة التّفاعل الحاصل: $CH_3COOH_{(aq)} + KOH_{(aq)} \longrightarrow CH_3COOK_{(aq)} + H_2O_{(l)}$
   المعادلة الأيّونية لتفاعل المعايرة. $CH_3COOH_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$
3. عند نقطةِ نهايةِ تفاعلِ المعايرة $pH = 8.72$
4. طبيعة الوسط أساسيّة، بسببِ تشكّل أيّونات الخلّات الّتي تسلكُ سلوكاً أساسيّاً ضعيفاً.

إثراء:

عند استعمال أحمر المتيل مشعراً في معايرة حمضٍ ضعيفٍ بأساسٍ قويّ لا يمكن تحديدُ نقطةِ نهايةِ تفاعلِ المعايرة بدقّة لأنّها لا تقع ضمن مجال هذا المشعر.



تطبيق (2):

عند معايرة 20 mL من محلول حمض النّمل لزم 15 mL من محلولِ هِدروكسيد البوتاسيوم تركيزه $0.02\ mol.L^{-1}$، والمطلوب:

1. **أكتب المعادلة الأيّونية لتفاعل المعايرة الحاصل.**
2. **أحسب تركيزمحلول حمض النّمل المُعايَر.**
3. **أحسب كتلة حمض النَّمل اللّازم لتحضير 400 mL من محلوله السَّابق.**
4. **أتعرف أفضل المشعرات الواجب استعماله.**

C:12, H:1, O:16

الحل:

1. $HCOOH_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow HCOO^- + H_2O_{(l)}$

2. عند نقطة نهاية تفاعل المعايرة
عدد أيّونات الهِدروكسيد $[OH^-]$ المُضافة = عدد مولات الحَمض

$$n_{(HCOOH)} = n_{(OH^-)}$$
$$C_1V_1 = C_2V_2$$
$$C_1 \times 20 = 0.02 \times 15$$
$$C_1 = \frac{0.02 \times 15}{20}$$
$$C_1 = 0.015\,\text{mol.L}^{-1}$$

3. كتلة الحمض: $m = C.V.M = 0.015 \times 0.4 \times 46 = 0.276\,\text{g}$
4. المشعر المستعمل الفينول فتالئين لأنَّ مجاله من $(8.2 \leftarrow 10)$ يحوي قيمة pH نقطة نهاية تفاعل المعايرة

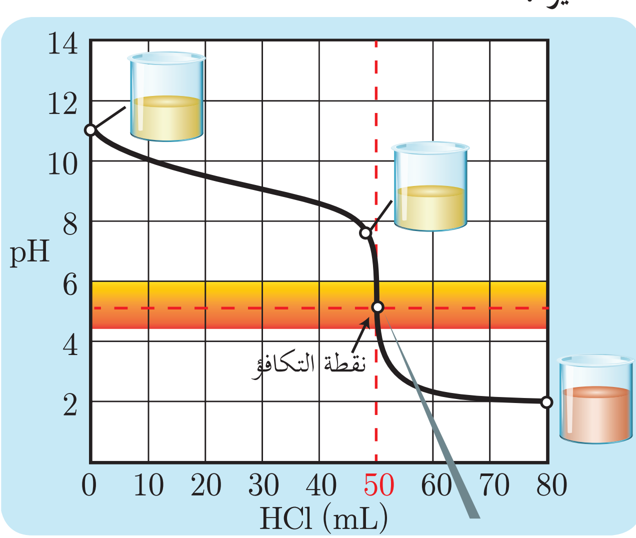
٣. معايرة أساس ضعيف بحمض قوي:

نشاط (3):

عند معايرة 50 mL من محلول هِدروكسيد الأمونيوم تركيزه $0.1\,\text{mol.L}^{-1}$ بمحلول قياسيٍّ لحمض كلور الماء تركيزه $0.1\,\text{mol.L}^{-1}$ بوجود قطرات من مشعر أحمر المتيل وباستخدام مقياس pH كانت النتائج كما في الجدول الآتي:

حجم HCl المضاف (mL)	0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0
قيمة الـ pH	11.12	10.2	9.6	9.1	8.7	5.27	2.71

1. **أرسم المنحني البيانيّ لتغيّرات قيم الـ pH بدلالة حجم الحمض المُضاف.**
2. **أحدّد قيمة pH محلول هدروكسيد الأمونيوم لحظة بدء المعايرة.**
3. **أتعرف كيف تتغيّر قيمة pH المحلول خلال عمليّة المعايرة.**
4. **أحدّد قيمة pH المحلول عند نقطة نهاية تفاعل.**



الحل:

1. الرسم جانباً.
2. عند بدء المعايرة قيمة $pH = 11.12$
3. تتناقص قيمة الـ pH تدريجيّاً نتيجة تناقص تركيز NH_4OH بتفاعلها مع أيّونات الهِدرونيوم H_3O^+ المضافة وفق المعادلة الآتية:
$$NH_4OH + H_3O^+ \longrightarrow NH_4^+ + 2H_2O$$
عند انتهاء تفاعل المعايرة تكون قيمة $pH = 5.27$ لأنَّهُ يُنتجُ أيّونات الأمونيوم الّتي تسلك سلوك حمض ضعيف، وبإضافة قطرةٍ من حمضِ كلورِ الماءِ تصبحُ طبيعةَ المحلولِ حمضيَّة وتصبح الـ $pH = 5.27$.
4. **عند انتهاء تفاعل المعايرة تكون قيمة $pH = 5.27$ لأنَّهُ ينتج أيّونات الأمونيوم الذي يسلكُ سلوكَ حمضٍ ضعيفٍ**

أستنتج عند نهاية تفاعل المعايرة يكون:

- عدد أيّونات الهِدرونيوم H_3O^+ المضافة = عدد مولات الأساس

$$n_{(NH_4OH)} = n_{(H_3O^+)}$$
$$C_1V_1 = C_2V_2$$

حيثُ C_1 : التّركيز الابتدائيّ للأساس.
V_1 : الحجم الابتدائيّ للأساس.
C_2 : $[H_3O^+]$ المضافة.
V_2 : حجم الحمض المُضاف.

نشاط (4):

يُعاير 50 mL من محلول هِدروكسيد الأمونيوم بمحلول حمض الآزوت تركيزه $0.1\ mol.L^{-1}$ فيلزم منه 25 mL لإتمام المعايرة، والمطلوب:

1. **اكتب المعادلة الكيميائيّة المعبّرة عن تفاعل المعايرة الحاصل.**
2. **احسب تركيز محلول هِدروكسيد الأمونيوم المستعمل.**

إضاءة

مشعرات معايرة (حمض–أساس):

حموض عضويّة أو أسس عضويّة ضعيفة معقّدة التّركيب، يتغيّر لونها بتغيّر pH الوسط الذي توضع فيه.

جدول يبيّن مجال بعض المشعرات وتغيّر لون كلّ منها قيم pH الوسط.

لون المشعر	مجال pH المشعر	لون المشعر	المشعر
أصفر	3.1 – 4.4	أحمر	الهليانتين
أصفر	4.2 – 6.2	أحمر	أحمر المتيل
أزرق	6 – 7.6	أصفر	أزرق بروم التيمول
بنفسجي	8.2 – 10	عديم اللون	فينول فتالئين

تعلّمت

- تفيد المعايرة الحجميّة في تحديد تركيز أحد الموادّ المتفاعلة المجهولة التّركيز بتفاعلها مع مادّة أخرى تُدعى المحلول القياسيّ (تركيزه معلوم ومحدّد بدقة).
- عند نقطة نهاية تفاعل معايرة حمض قويّ – أساس قويّ يكون: $n_{(H_3O^+)} = n_{(OH^-)}$
- عند نقطة نهاية تفاعل معايرة حمض ضعيف بأساسٍ قويٍّ يكون:
  - عدد أيّونات الهِدروكسيد $[OH^-]$ المُضافة = عدد مولات الحمض
- عند نقطة نهاية تفاعل معايرة أساس ضعيف بحمض قويّ يكون:
  - عدد أيّونات الهِدرونيوم $[H_3O^+]$ المُضافة = عدد مولات الأساس
- يعتبر أزرق بروم التّيمول مشعراً مناسباً لمعايرة حمض قويّ – أساس قويّ لأنَّ مجاله من $(6 \leftarrow 7.6)$ يحوي قيمة pH نقطة نهاية تفاعل المعايرة.
- يعتبُر الفينول فتالئين مشعراً مناسباً لمعايرة حمض ضعيف بأساسٍ قويٍّ لأنَّ مجاله من $(8.2 \leftarrow 10)$ يحوي قيمة pH نقطة نهاية تفاعل المعايرة.
- يعتبر أحمر المتيل مشعراً مناسباً لمعايرة أساس ضعيف بحمض قويّ لأنَّ مجاله من $(4.2 \leftarrow 6.2)$ يحوي قيمة pH نقطة نهاية تفاعل المعايرة.

أختبر نفسي

أولاً: اختر الإجابة الصّحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. المشعر الّذي يحدِّد بدقّة أكبر، نقطة نهاية معايرة أساس ضعيف بحمض قويّ هو:

a. أزرق بروم التّيمول **b.** الفينول فتالئين **c.** أحمر المتيل **d.** الهليانتين

2. عند معايرة حمض النمل بهِدروكسيد البوتاسيوم يكون عند نقطة نهاية تفاعل المعايرة.

a. $pH > 7$ **b.** $pH < 7$ **c.** $pH = 7$ **d.** $pH \leq 7$

3. عند إضافة $10\,mL$ من حمض الكبريت تركيزه $0.05\,mol.L^{-1}$ إلى $15\,mL$ من محلول هدروكسيد البوتاسيوم تركيزه $0.1\,mol.L^{-1}$ فإن:

a. $[H_3O^+] < [OH^-]$ **b.** $[H_3O^+] > [OH^-]$

c. $[H_3O^+] = [OH^-]$ **d.** $[H_3O^+] \leq [OH^-]$

ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلّ ممّا يأتي:

1. تكون قيمة $pH < 7$ عند معايرة أساس ضعيف بحمضٍ قويٍّ.
2. يعتبر أزرق بروم التيمول مشعراً مناسباً عند معايرة حمض قوي بأساس قويّ.
3. استخدام أحد مشعرات (حمض – أساس) في معايرة التّعديل.
4. عند معايرة حمض النمل بهدروكسيد الصوديوم يكون الوسط عند نهاية المعايرة أساسياً.

ثالثاً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

محلول مائي حمض كلور الماء تركيزه $10^{-2}\,mol.L^{-1}$. المطلوب:

1. أحسب قيمة pH محلول هذا الحمض.
2. لمعايرة 20 mL من محلول الحمض السّابق يلزم 5 mL من هِدروكسيد الصُّوديوم ذي التَّركيز $0.02\,mol.L^{-1}$ وحجم V_2 من هِدروكسيد البوتاسيوم ذي التَّركيز $0.05\,mol.L^{-1}$. المطلوب:
   a. اكتب المعادلة الأيونية لتفاعل المعايرة الحاصل.
   b. احسب حجم هِدروكسيد البوتاسيوم اللّازم لإتمامِ المعايرةِ.
   c. احسب حجم الماء المقطَر اللّازم إضافته إلى 10 mL من الحمض السّابق لتصبح $pH = 3$.

المسألة الثّانية:

يؤخذ 20 mL من حمض الكبريت تركيزه $0.05\,mol.L^{-1}$، ويُضاف إلى 10 mL من محلول هدروكسيد الصوديوم حتّى تمام التعديل. المطلوب:

1. اكتب المعادلة الكيميائيّة المعبّرة عن التّفاعل الحاصل.
2. احسب تركيز محلول هدروكسيد الصوديوم المستعمل.
3. ما قيمة pH المحلول النّاتج عن المعايرة؟
4. أكتب اسم أفضل مشعر واجب استعماله في هذه المعايرة.
5. احسب التَّركيز المولي الحجمي لمحلول ملح كبريتات الصُّوديوم النّاتج عن المعايرة.
   (Na:23, S:32, O:16, H:1)

المسألة الثّالثة:

تُذاب عيّنة غير نقيّة كتلتها 3.30 g من هِدروكسيد البوتاسيوم في الماء، ويكمل الحجم إلى 200 mL، فإذا علمتَ أنّه يلزم لتعديلِ 25 mL منه 30 mL من حمض كلور الماء تركيزه $0.1\,mol.L^{-1}$ و 20 mL من حمض الكبريت تركيزه $0.05\,mol.L^{-1}$، والمطلوب:

1. احسب تركيز محلول هِدروكسيد البوتاسيوم.
2. احسب كتلة هِدروكسيد البوتاسيوم النّقيّة في هذه العيّنة.
3. احسب النِّسبة المئويّة للشّوائب في هذه العيّنة.
   الكتل الذّرّيّة: (K:39, S:32, O:16, Cl:35.5, H:1)

المسألة الرابعة:

أذيبت عيّنة مقدارها 1.75 g من كربوناتِ الصُّوديوم وكلوريد الصُّوديوم في الماء، وأكمل الحجم إلى 100 mL؛ إذا علمتَ أنّه يلزم لمعايرة المحلول السَّابق 50 mL من محلول حمض كلور الماء تركيزه $0.4\ mol.L^{-1}$.

المطلوب:

1. اكتب المعادلة المعبّرة عن تفاعل المعايرة الحاصل.
2. احسب تركيز كربونات الصُّوديوم في المحلول السَّابق.
3. احسب النِّسبة المئويّة لكلٍّ من الملحين في العيِّنة.

الكتل الذّرّيّة: (Na:23, C:12, O:16, Cl:35.5, H:1)

تفكير ناقد

تستخدم المُشعرات في المعايرة من أجل تحديد نقطة نهاية تفاعل المعايرة، فسّر سبب تغيّر لون المشعر عند إضافته إلى محلول حمضي أو محلول أساسي.

أبحث أكثر

تستخدم المعايرة الحجمية (حمض– أساس) في مجالات صناعية عديدة، ابحث في ذلك مستعينا بمكتبة مدرستك أو في الشابكة.

أسئلةُ الوحدة الرابعة

أولاً: اخترِ الإجابة الصحيحة لكلٍّ ممّا يأتي:

1. إذا علمت أنّ $pH = 3$ للمشروب الغازيّ، فإنّ تركيز أيون الهدروكسيد فيه:

a. 11 b. 10^{-3} c. 10^{-11} d. 10^{+3}

2. بالاعتماد على ثوابت تأيّن الحموض الضعيفة:

$K_a(HF) = 7.2 \times 10^{-4},\ K_a(HNO_2) = 4.5 \times 10^{-4},\ K_a(HCN) = 5 \times 10^{-10}$

التّرتيب التنازليّ الصّحيح لقوّة الأسس المرافقة لكلّ منها هو:

a. $CN^- < F^- < NO_2^-$ b. $CN^- < NO_2^- < F^-$

c. $NO_2^- < CN^- < F^-$ d. $F^- < NO_2^- < CN^-$

3. الملحُ الذوّاب الذي قيمة $pH < 7$ لمحلوله المائيّ من بينِ الأملاحِ الآتيةِ المتساويةِ التّراكيزِ هو:

a. KCl b. KCN c. NH_4NO_3 d. Na_2SO_4

4. الملحُ الذوّاب الذي لا يتحلمَهُ في الماءِ من بينِ الأملاحِ الآتيةِ هو:

a. NH_4Cl b. $NaNO_3$ c. $HCOONH_4$ d. KCN

5. محلولٌ مائيٌّ لملحِ $CaCl_2$ له $pH = 7$، يمدَّد بالماءِ المقطّرِ مئةَ مرّةٍ، فإنَّ قيمة pH' للمحلولِ النّاتجِ تساوي:

a. $pH' = 5$ b. $pH' = 9$ c. $pH' = 0.7$ d. $pH' = 7$

6. لديك المحاليل المائية المتساوية في التركيز الآتية: $NaCl, HCl, HCOONa, NH_4NO_3, Ca(OH)_2$ يكون الترتيب الصحيح لها وفق تزايد قية الـ pH لكل منها هو:

a. $HCl \leftarrow NaCl \leftarrow NH_4NO_3 \leftarrow HCOONa \leftarrow Ca(OH)_2$

b. $Ca(OH)_2 \leftarrow NH_4NO_3 \leftarrow HCOONa \leftarrow NaCl \leftarrow HCl$

c. $Ca(OH)_2 \leftarrow HCOONa \leftarrow NaCl \leftarrow NH_4NO_3 \leftarrow HCl$

d. $NH_4NO_3 \leftarrow Ca(OH)_2 \leftarrow NaCl \leftarrow HCOONa \leftarrow HCl$

7. الأيّون الحياديّ الذي لا يتحلمه من الأيّونات الآتية هو:

a. CH_3COO^- b. SO_4^{2-} c. CN^- d. NH_4^+

8. المشعر الذي يحدّد بدقة نقطة نهاية معايرة حمض الخل بهدروكسيد البوتاسيوم هو.

a. أزرق بروم التيمول b. الفينول فتالئين c. أحمر المتيل d. الهليانتين

9. المحلول المنظّم للحموضة من المحاليل الآتية هو:

a. $HCOOH, HCOOK$ b. HCl, KCl

c. $NH_4OH, NaCl$ d. $NaOH, NaNO_3$

ثانياً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. محلول مائي مشبع لملحِ فوسفات الفضّة قليل الذّوبان في الماء Ag_3PO_4، المطلوب:

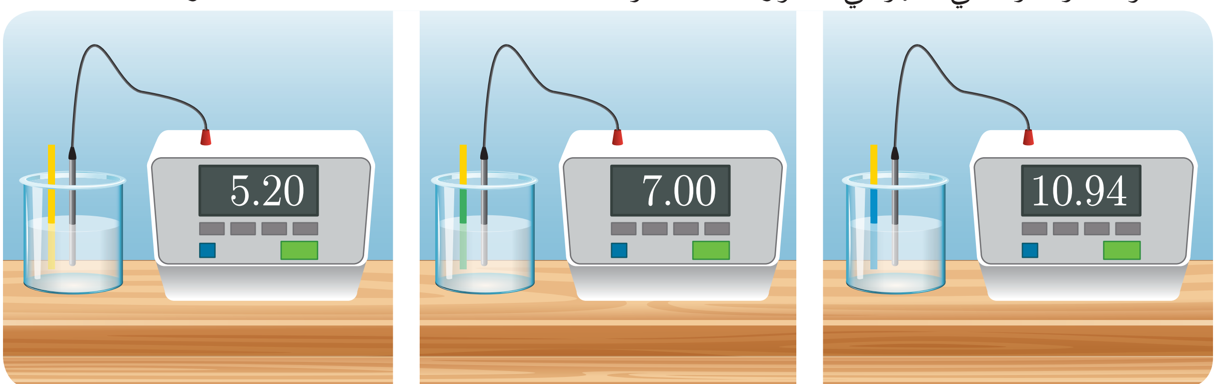
a. اكتب معادلة التّوازن غير المتجانس لهذا الملح.

b. اكتب علاقة جداء الذّوبان K_{sp} لهذا الملح.

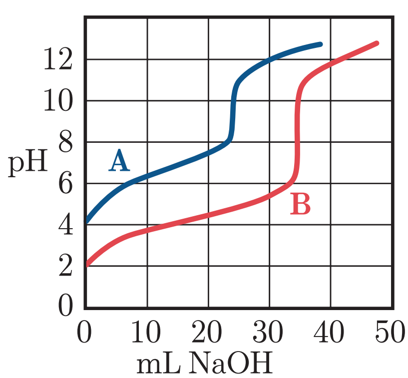
c. اقترح طريقة لترسيب قسم من هذا الملح في محلوله المشبع.

d. اشرح آلية إذابة Ag_3PO_4 في محلوله المشبع بإضافة حمض كلور الماء إليه.

2. يستخدم مقياس pH لمعرفةِ طبيعةِ المحلولِ المائيّ، تختلفُ قيمةُ pH للأملاح Na_2CO_3 و $NaCl$ و NH_4Cl المتساوية التّراكيز، الّتي تظهر في الصّور الآتية، فسّر ذلك بكتابة المعادلات الكيميائيّة اللّازمة.



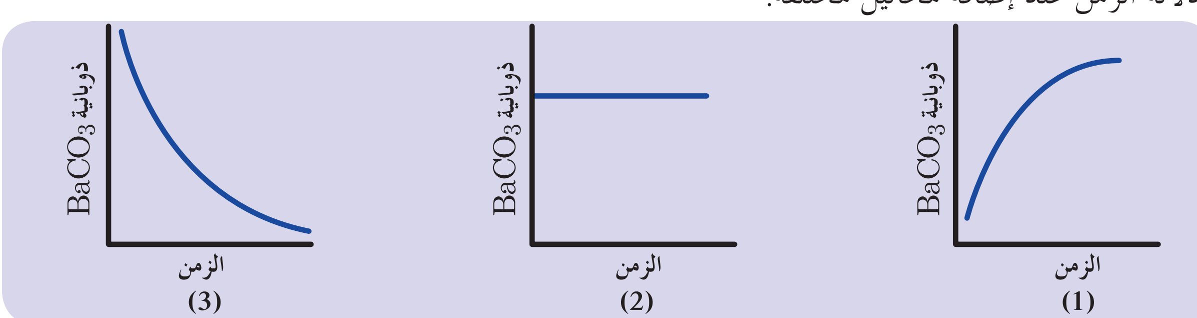
3. عند معايرة حجمين متساويين من محلولي حمضين A,B كلّ منهم على حدة، بمحلول هدروكسيد الصوديوم تركيزه $0.1\,mol.L^{-1}$ فحصلنا على المنحنيين البيانيين كما في الشكل المجاور، المطلوب:



a. أيّ من المحلولين المستعملين A,B أكثر تركيزاً؟ فسّر إجابتك.

b. حدّد نقطة نهاية المعايرة لكلّ منهما على الشكل.

4. تشير المنحنيات الآتية إلى تغيّر ذوبانية ملح كربونات الباريوم $BaCO_3$ بدلالة الزمن عند إضافة محاليل مختلفة.



a. أيّ من المنحنيات يشير لإضافة HNO_3

b. أيّ من المنحنيات يشير لإضافة Na_2CO_3

c. أيّ من المنحنيات يشير لإضافة $NaNO_3$

ثالثاً: حلَّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

محلول مائيّ لملح كلوريد الأمونيوم تركيزه $0.2\ mol.L^{-1}$. وقيمة $pH = 5$ له. **المطلوب:**

1. اكتب معادلة حلمهة هذا الملح.
2. احسب قيمة ثابت حلمهة هذا الملح.
3. احسب قيمة ثابت تأيّن النّشادر.
4. يُضاف إلى المحلول السّابق قطرات من محلول حمض كلور الماء تركيزه $0.01\ mol.L^{-1}$ ، احسب النّسبة المئويّة المتحلمهة من ملح كلوريد الأمونيوم في هذه الحالة.

المسألة الثانية:

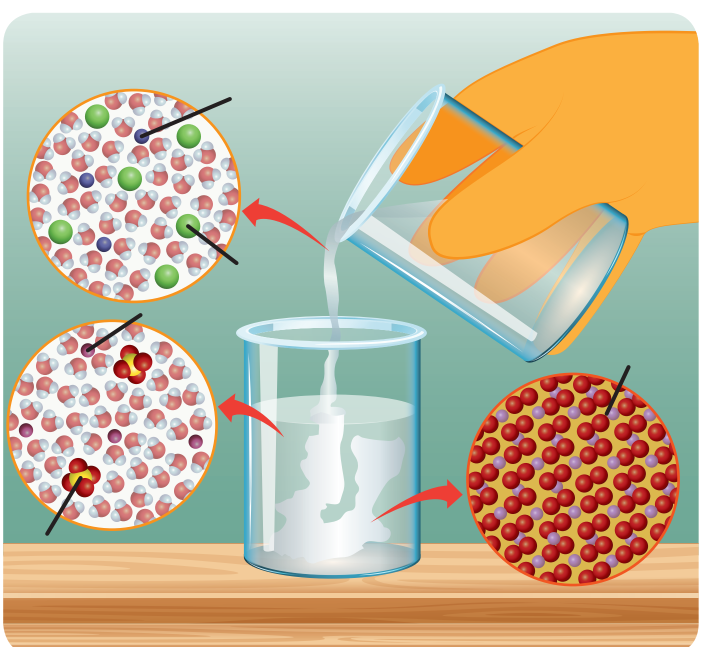
محلول مائي لحمض الخلّ تركيزه الابتدائيّ $0.05\ mol.L^{-1}$ ، وثابت تأيّن حمض الخل 2×10^{-5}

المطلوب:

1. اكتب معادلة تأيّن هذا الحمض، ثمّ حدّد الأزواج المترافقة أساس/حمض حسب برونشتد – لوري.
2. احسب قيمة pH المحلول.
3. احسب درجة تأيّن هذا الحمض.
4. يُمدّد المحلول السّابق 10 مرات، احسب pH المحلول بعد التّمديد.

المسألة الثالثة:

يُضاف حجم معيّن من محلولِ ملح كلوريد الكالسيوم تركيزه $0.02\ mol.L^{-1}$ إلى حجمٍ مساوٍ له من محلولِ كبريتاتِ الصّوديوم تركيزه $0.04\ mol.L^{-1}$ ، إذا علمتَ أنّ: $K_{sp(CaSO_4)} = 9.0 \times 10^{-6}$



المطلوب:

1. اكتب معادلة إماهة كلّ من ملحي كلوريد الكالسيوم وكبريتات الصّوديوم.
2. اكتب معادلةَ التّوازنِ غيرِ المتجانسِ لملحِ كبريتاتِ الكالسيوم.
3. احسب ذوّبانيّة ملح $CaSO_4$ مقدَّرة بـ $mol.L^{-1}$ و $g.L^{-1}$.
4. بيّن بالحسابِ سبب ترسُّب قسم من ملحِ $CaSO_4$.

(Ca:40, S:32, O:16)

المسألة الرابعة:

تُذاب كمية مقدارها $1.386\ g$ من حمض الأوكزاليك بحجم مناسب من الماء المقطر نحصلُ على محلول حمض الأوكزاليك المائي صيغته $H_2C_2O_4.nH_2O$، فإذا علمت انه يلزم لإتمام معايرة المحلول السّابق $22\ mL$ من محلول هدروكسيد الصوديوم ذي التركيز $0.1\ mol.L^{-1}$.

المطلوب:

1. اكتب معادلة التّفاعل الحاصل
2. احسب عدد جزيئات الماء في صيغة الحمض السّابق.

$(Na:23,\ \ C:12,\ \ O:16,\ \ H:1)$

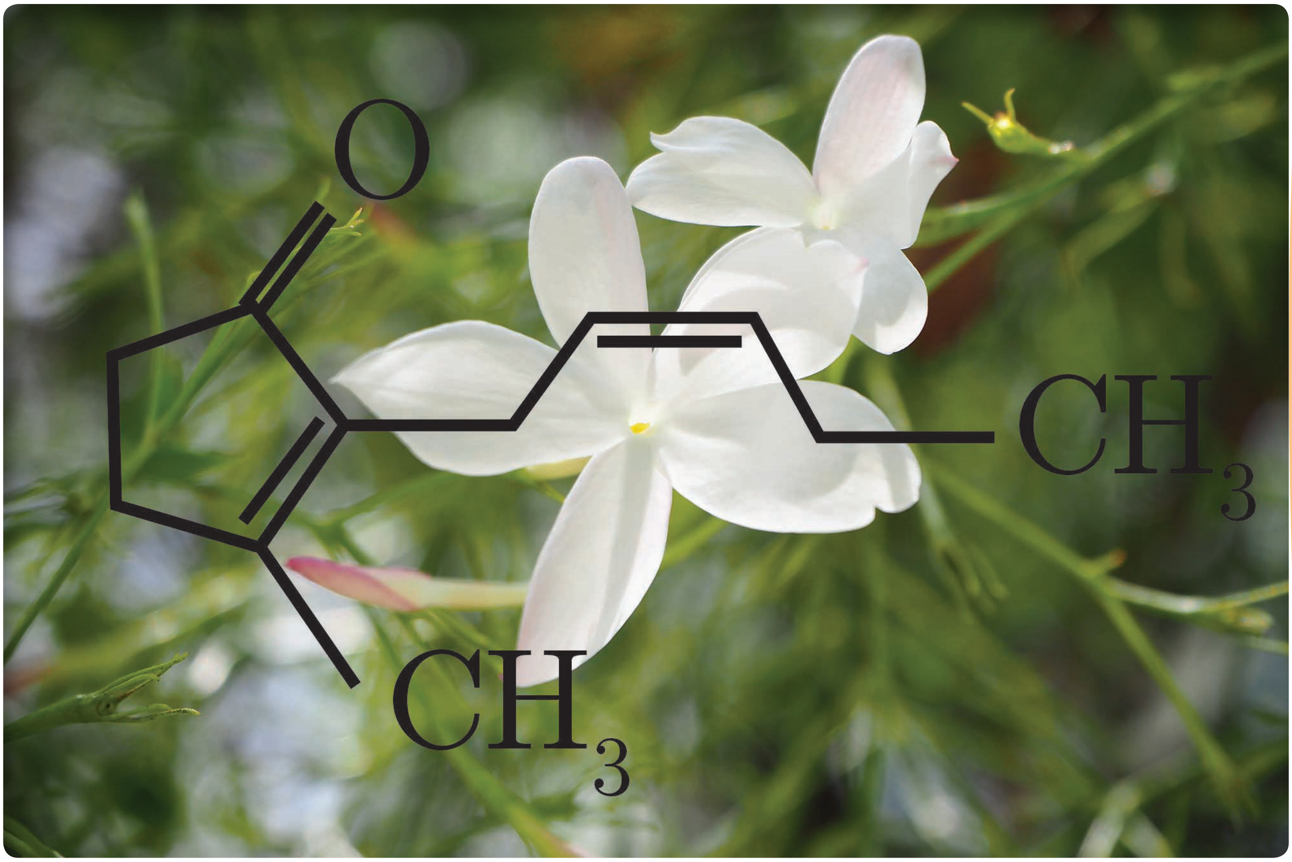
المسألة الخامسة:

يحوي محلول على أيونات الكلوريد وأيونات اليوديد بتركيز $[Cl^-] = [I^-] = 10^{-2} mol.L^{-1}$، يضاف إلى المحلول السّابق تدريجياً محلول لملح نترات الفضّة، فإذا علمت أنّ: $K_{sp(AgI)} = 10^{-16},\ \ K_{sp(AgCl)} = 10^{-10}$ في شروط التجربة.

المطلوب:

1. احسب تركيز محلول نترات الفضّة الذي يبدأ عنده كلّ من الملحين بالترسب.
2. أيّ من الملحين يترسب أولاً ولماذا؟

الوحدةُ الخامسةُ
الكيمياءُ العضويّةُّ



تُزين حدائق دمشق بالياسمين لما له من مظهر جميل ورائحة زكية، (وتعود رائحة الياسمين لاحتوائه على العديد من المركبات العضوية).
استخدمت أزهار الياسمين في مجالات عديدة منها صناعة العطور ومستحضرات التجميل.

توجد الملايين من المركّباتِ العضويّةِ، ولسهولةِ دراستها تمَّ تصنيفُها حسب الزّمرة الوظيفيّة، وهي ذرةٌ أو مجموعةُ ذرّات ترتبط بذرّة كَربون في المركّبات العضويّةِ، فتُكسِبها صفاتٍ كيميائيّةً وفيزيائيّةً متشابهةً.

الجدول الآتي يتضمّنُ أهمَّ أصناف المركّبات العضويّة والزّمرِ الوظيفيّةِ المميِّزة لها، وتسمياتها مُرَتَّبة حسب أفضليّتها في تسميةِ المركب العضويّ من أعلى الجدولِ إلى أسفلهِ عند وجود وظيفتين أو أكثرِ في المركّب العضويّ.

الصنف	الصيغة العامة	صيغة الزمرة الوظيفية	اسم اللاحقة	السابقة	مثال على المركب العضوي	اسم المركب وفق قواعد IUPAC النظامية
الحمض الكربوكسيلي	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$	وئيك	–	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$	حمض إيتانوئيك
الإستر	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R$	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R$	وات	–	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_3$	إيتانوات المتيل
الأميد	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2$	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2$	أميد	–	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2$	إيتان أميد
الألدهيد	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	ال	أوكسو	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	إيتانال
الكيتون	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R'$	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R'$	ون	أوكسو	$CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$	بوتان – 2 – ون
الغول	$R-OH$	$-OH$	ول	هدروكسي	$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	بروبان – 1 – ول
الأمين	$R-NH_2$	$-NH_2$	أمين	أمينو	$CH_3-CH_2-NH_2$	إيتان أمين
الإيتر	$R-O-R'$	$-OR'$	إيتر	ألكوكسي	$CH_3-CH_2-O-CH_3$	ميتوكسي الإيتان

الأغوال

5-1

الأهداف:

* يتعرّف الوظيفةَ الغوليّة.
* يصّنف الأغوالَ حسب نوع ذرّة الكربون المرتبطة بزمرة الهدروكسيل.
* يسمّي الأغوالَ حسب قواعد الاتّحاد الدوليّ للكيمياء البحْتة والتّطبيقيّة.
* يتعرّف أهمَّ طرائق التّحضيرِ الصّناعيّ لبعضِ الأغوالِ.
* يتعرّف بعضَ الخاصيّات الفيزيائيّة للأغوالِ.
* يتعرّف بعضَ الخاصيّات الكيميائيّة للأغوالِ.

الكلمات المفتاحية:

* الغول
* قاعدة ماركوفينيكوف
* الأسترة
* البلمهة
* قاعدة زايتسف
* الإماهة
* مزوجية (انحلالية).

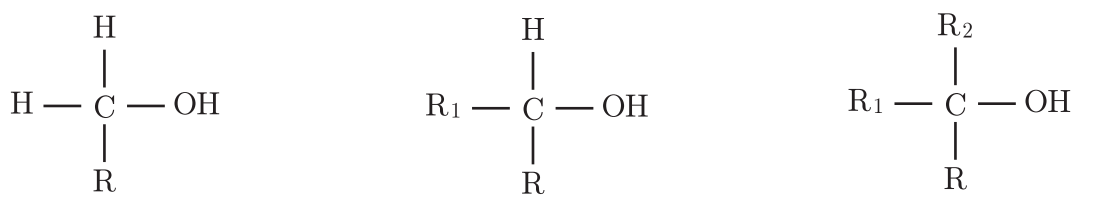


ينتجُ الإيتانولُ الحيويُّ (مركّب غوليّ) من تخمّر المحاصيل الغنيّة بالسّكريّات مثلِ قصبِ السّكّر والشّوندر السكريّ، حيثُ يُعدّ الإيتانول نظريّاً مصدراً نَظيفاً للطّاقة، وبديلاً عن الوقود الأحفوريّ.

الصّيغة العامّة للأغوال:

نشاط (1):

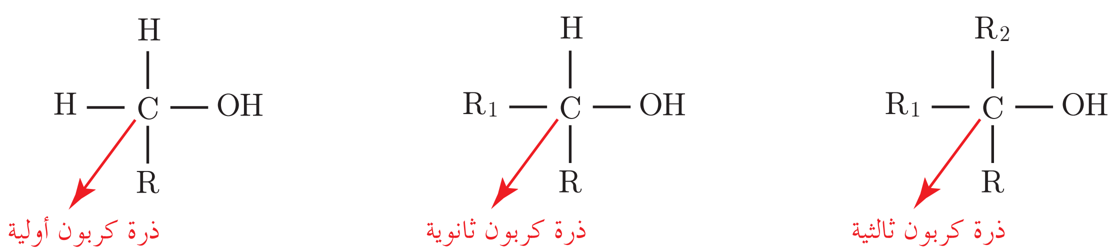
لديك الصّيغُ الكيميائيّةُ الآتية:



المطلوب:

1. **حدّد نوع ذرّة الكربون الّتي ترتبط بها زمرةُ الهدروكسيل $-OH$، واذكر نمط تهجينها.**
2. **صنّفِ الأغوالَ حسب نوع ذرّة الكربون الّتي ترتبط بها زمرة الهدروكسيل إلى أغوال (أوّليّة، ثانويّة، ثالثيّة).**

الحل:



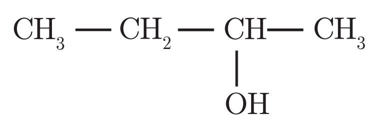
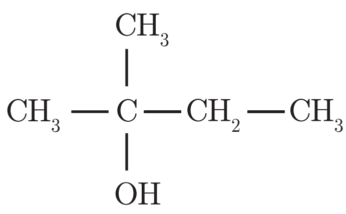
غول ثالثي   غول ثانوي   غول أولي

نتيجة:

- تتميّز الأغوال بوجود الزمرة الوظيفيّة $OH-$ مرتبطةً بذرّة كربون نمط تهجينها sp^3.
- الصّيغة العامّة للأغوال $R-OH$ أو $C_nH_{(2n+1)}OH$.
- تصنَّف الأغوال إلى أغوال (أوّليّة، ثانويّة، ثالثيّة):
  1. الأغوال الأوليّة: ترتبط زمرة الهدروكسيل بذرّة كربون أوّليّة.
  2. الأغوال الثانويّة: ترتبط زمرة الهدروكسيل بذرّة كربون ثانويّة.
  3. الأغوال الثالثيّة: ترتبط زمرة الهدروكسيل بذرّة كربون ثالثيّة.

نشاط (2):

صنّف الأغوال الآتية إلى: أغوال (أولية، ثانوية، ثالثية).

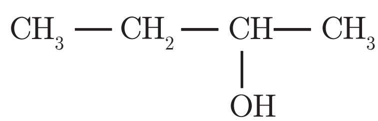
  

--------------- --------------- ---------------

تسمية الأغوال حسب قواعد الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC :

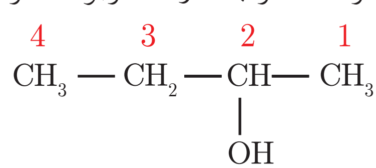
نشاط (3):

أُسمّي الغول الآتي وفق قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC :



خطوات الحلّ:

1. أُرقّم أطول سلسلةٍ كربونيّة بدءاً من الطرف الأقرب لذرّة الكربون المرتبطة بالزمرة الوظيفيّة:



2. أُسمّي الألكانَ الموافِقَ لأطول سلسلة كربونيّة، ثمّ أشير إلى موضع الزّمرة الوظيفيّة برقم، مع إضافة اللّاحقة (ول).
البوتان – 2– ول

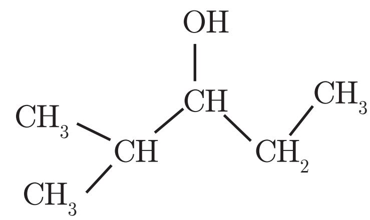
نتيجة:

تُكتب أسماء الأغوال حسب قواعد الاتّحاد الدوليّ IUPAC وفق ما يلي:

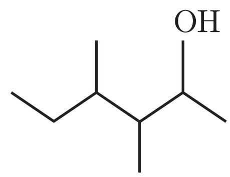
- تُرقّم أطول سلسلة كربونية من الطرف الأقرب إلى زمرة الهدروكسيل.
- يُكتب اسم كلّ فرع (مُتبادل) – إن وُجد – مسبوقاً برقم ذرّة الكربون المرتبط بها.
- يُكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية، ثمّ تُكتَب اللّاحقة (ول ol) مسبوقةً برقم ارتباطها بالسلسلة.

تطبيق (١):

أكتب اسم كلٍّ من المركّبين الآتيين وفق قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC :



2− متيل بنتان − 3− ول



4,3 −ثنائي متيل هكسان − 2− ول

نشاط (4):

اكتب الصّيغة نصفَ المنشورة، والصّيغة الهيكليّة للمركّب الآتي:

2,2 −ثنائي متيل البروبان − 1− ول

إضاءة

التّسمية الشّائعة لبعض الأغوال.

الصّيغة الجزيئيّة	الاسم الشّائع للغول
CH_3-OH	الغول المتيلي
C_2H_5-OH	الغول الإتيلي

التّحضير الصناعيّ لبعض الأغوال :

١. التّحضير الصّناعيّ للإيتانول:

الإيتانول من أقدم المركّبات العضويّة الّتي تمَّ اصطناعها، والّذي يُحضَّر بطرائق متعدّدة أهمّها:

- ضمّ الماء إلى الإيتن وفق المعادلة الآتية:

$$CH_2=CH_2+H_2O \xrightarrow[110^\circ C]{H_2SO_4} C_2H_5OH$$

تطبيق (2):

أكتب المعادلة الكيميائيّة المعبّرة عن تفاعُل ضمّ الماء إلى البروبِن − 1 بوجود حمْض الكبريت كحفاز، ثمّ أسمّي المركّب النّاتج.

$$\mathbf{CH_3-CH=CH_2+H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3-\underset{}{\overset{OH}{\overset{|}{CH}}}-CH_3}$$

بروبان − **2**− ول

حيث تمَّ الضّمُّ وفق قاعدة ماركوفينيكوف.

إضاءة

قاعدة ماركوفنيكوف: تنصُّ على أنّه (عند الإضافة إلى ألِكن، فإنّ الجزء الموجبَ يُضاف إلى ذرّة الكربون المتّصلة بأعلى عددٍ من ذرّات الهِدروجين، بينما يتّجه الجزء السّالب لذرّة الكربون المتّصلة بأقلّ عددٍ من ذرّات الهِدروجين).

نشاط (5):

اكتب المعادلة الكيميائيّة المعبّرة عن تفاعُل ضمّ الماء إلى البوتِن – 1 بوجود حمض الكبريت كوسيط، ثمّ اكتب اسم المركّب النّاتج.

- تخمّر الكربوهدرات:

تتحوّل السّكريّات بعملية التخمر الغولي عند الدّرجة 37˚C تقريباً بوجود خميرة البيرة إلى إيتانول وفق المعادلة:

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{خميرة}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

٢. التّحضير الصّناعيّ للميتانول:

يُحضّر الميتانول من تفاعُل أحادي أكسيد الكربون مع الهِدروجين وفق المعادلة الآتية:

$$CO + 2H_2 \xrightarrow[100\,atm,\,250^\circ C]{ZnO} CH_3OH$$

الخوصيّات الفيزيائيّة للأغوال:

نشاط (6):

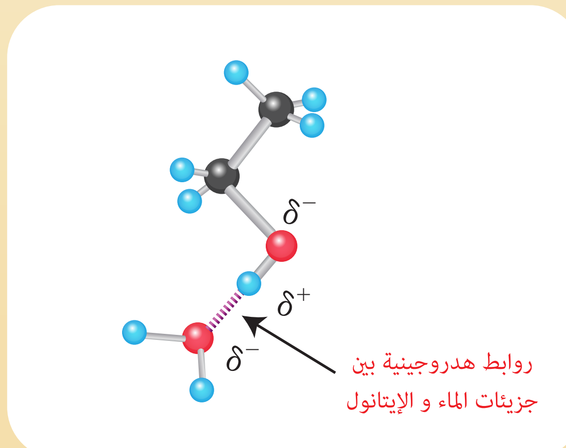
ألاحظ من جدول بعض الخاصّيّات الفيزيائيّة للحدود الخمسة الأولى من الأغوال ذاتِ السلاسل النّظاميّة:

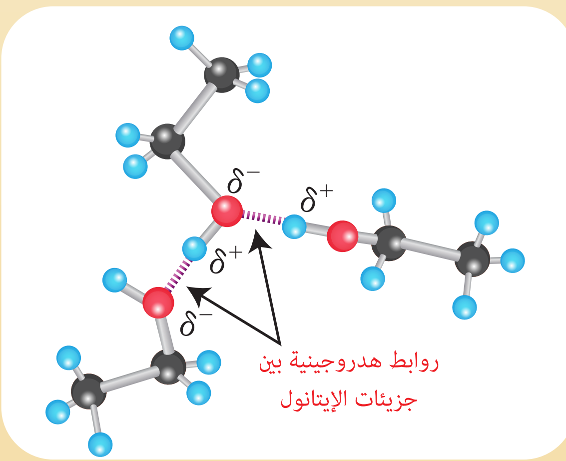
الغول	الصيغة الجزيئية	درجة الغليان ˚C	(الانحلال) مزوجية (ماء g/100g)
الميتانول	CH_3-OH	64.5	ينحل بكافة النسب
الإيتانول	C_2H_5-OH	78.3	ينحل بكافة النسب
البروبانول	C_3H_7-OH	97	ينحل بكافة النسب
البوتانول	C_4H_9-OH	118	7.9
البنتانول	$C_5H_{11}-OH$	138	2.3

أفسّر ما يأتي:

1. مزوجية (انحلال) الإيتانول في الماء بالنّسب كافّةً.
2. تناقصَ مزوجية الأغوال في الماء بازدياد كتلها الجزيئيّة.
3. درجةَ غليانِ الأغوال مرتفعةً نسبيّاً مقارنة مع الألكانات الموافقةِ لها بعدد ذرّات الكربون.

- مزوجية الإيتانول في الماء بالنّسب كافّةً بسبب تشكُّل الرّوابط الهِدروجينيّة بين جزيئات الإيتانول وجزيئات الماء.
- تتناقص مزوجية الأغوال في الماء بازدياد كتلها الجزيئيّة، بسبب نقصان تأثير الجزء القطبيّ OH، على حساب تأثير الجزء غيرِ القطبيّ R.
- درجة غليان الأغوال أعلى من درجة غليان الألكانات بسبب قدرة الأغوال على تشكيّل روابط هِدروجينيّة بين جزيئاتها، بينما لا تتشكّل روابط هِدروجينية بين جزيئات الألكانات.





إثراء:

- يستخدم الإيتانول كمذيب لموادّ الطّلاء، الورنيش، العطور، المنكّهات، وفي عمليّات التّبلور.
- يدخل أيضاً في محاليل تعقيم الفم والأسنان ، لما له من قدرة على قتل الجراثيم.
- يمزج مع البنزين بنسبة 5% ليستخدم كوقود للسيارات، حيث يمكن إنتاج الإيتانول من إعادةِ تدويرِ الفضلاتِ العضويّةِ، وبالتّالي يقلّل من استهلاكِ الموارِدِ الطّبيعيّةِ.

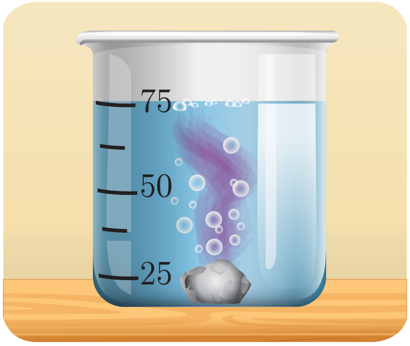


بعض الخاصّيّات الكيميائيّة للأغوال:

ا. تفاعل الغول مع المعادن:

تجربة (1):

الأدوات والموادّ اللازمة: بيشر – قطعة صغيرة من الصُّوديوم – إيتانول – فينول فتالئين.



خطوات التّجربة:

- أضع في بيشر كميّة مناسبة من الإيتانول ،وقطرات من فينول فتالئين.
- أضيف قطعة صغيرة من الصّوديوم للإيتانول.
- ألاحظ انطلاق غاز، وظهور اللّون البنفسجيّ.

أستنتج:

- **يتفاعل الإيتانول مع الصُّوديوم، وينطلق غاز الهدروجين وفقَ المعادلةِ الآتية:**

$$CH_3-CH_2-OH+Na \longrightarrow CH_3-CH_2ONa+\frac{1}{2}H_2$$

- **يدلّ ظهور اللّون البنفسجيّ على تشكّل إيتوكسيد الصُّوديوم ذي الصِّفة الأساسيَّة.**

نتيجة:

تتفاعل الأغوال مع المعادن النّشيطة كيميائيّاً (الصُّوديوم، البوتاسيوم، ....) الّتي تستطيع إزاحة الهِدروجين في الرَّابطة $O-H$ وفق المعادلة:

$$2R-OH+2Na \longrightarrow 2R-ONa+H_2$$

ألكوكسيد الصُّوديوم

نشاط (7):

اكتب معادلة تفاعل الإيتانول مع البوتاسيوم وسمِّ المركَّب العضويّ النّاتج.

٢. تفاعل الأسترة:

تتفاعل الأغوال مع الحموض الكربوكسيليّة في وسطٍ حمضيٍّ، وينتجُ أستر وماء وفق المعادلة الآتية:

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH+R'-OH \overset{H_2SO_4}{\rightleftharpoons} R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R'+H_2O$$

تطبيق (3):

أكتب معادلة تفاعل حمض الخلّ مع الإيتانول، وأسمّي المركَّب العضويّ النّاتج.

الحل:

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH+C_2H_5-OH \overset{H_2SO_4}{\rightleftharpoons} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-C_2H_5+H_2O$$

إيتانوات الإيتل

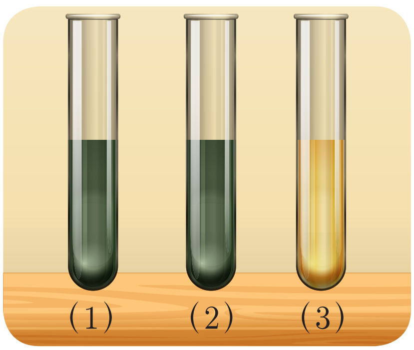
نشاط (8):

يتفاعل حمض كربوكسيليّ وحيد الوظيفة مع غول أولي لإعطاء ميتانوات الإتيل .حدّد صيغة كلٍّ من الحمض والغول المتفاعلين، واكتب المعادلة الكيميائيّة المعبّرة عن التّفاعل الحاصل.

٣. تفاعل الأكسدة:

تجربة (2):

الموادّ والأدوات اللّازمة: أنابيب اختبار عدد (3) – محلول ثنائيّ كرومات البوتاسيوم – أغوال (بروبان – 1 – ول) – (بروبان – 2 – ول) – (2 – متيل بروبان – 2 – ول).



خطوات التّجربة:

- أضع في أنبوب الاختبار الأوّل غول أوّلي (بروبان – 1 – ول) وفي الأنبوب الثّاني غول ثانويّ (بروبان – 2 – ول)، أما في الأنبوب الثّالث أضع غول ثالثيّ (2 – متيل بروبان – 2 – ول).
- أضيف محلول ثنائيّ كرومات البوتاسيوم للأنابيبِ الثّلاثةِ، ماذا ألاحظ؟

ألاحظ:

- تغيّر لون الكرومات في أنبوبي الاختبار الأوّل والثّاني ، في حين لا يتغيّر اللّون في الأنبوب الثّالث.

أستنتج: تتأكسد الأغوال الأوّليّة والثّانويّة، ولا تتأكسد الأغوال الثّالثيّة في الشّروط ذاتها.

• الأكسدة التّامّة للأغوال:

- تتأكسد الأغوال الأوّليّة بوجود عوامل مؤكسدة قويّة أكسدة تامّة في وسط حمضيّ وفق المعادلة الآتية:

$$R-\underset{H}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-OH + 2[O] \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7} R-COOH + H_2O$$

غول أولي — حمض كربوكسيلي

تطبيق (4):

أكتب معادلة تفاعل الأكسدة التّامّة للإيتانول في شروط مناسبة، وأسمّي المركّب العضويّ النّاتج.

الحل:

$$CH_3-CH_2OH+2[O] \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7} R-COOH+H_2O$$

حمض الإيتانوئيك

- تتأكسد الأغوال الثّانوية بوجود عوامل مؤكسدة قويّة متحوّلة إلى كيتونات، وفق المعادلة الآتية:

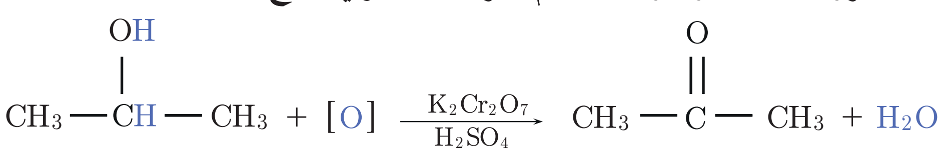
$$R-\overset{OH}{\overset{|}{CH}}-R' + [O] \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7} R-\overset{O}{\overset{||}{C}}-R' + H_2O$$

إضاءة

الأغـوال الثّالثيّـة تقـاوم الأكسـدة فـي الشّـروط اللّطيفـة، وتحتـاج شـروط قاسـية لتتأكسـد، فتتحطّـم السّلسـلة، وتعطـي مزيـج مـن الكيتونـات والحمـوض الكربوكسـيليّة.

نشاط (9):

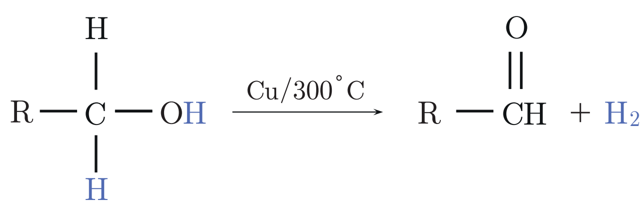
اكتب تفاعل أكسدة البروبان – 2– ول وأكتب اسم المركّب العضويّ النّاتج.



الأسيتون (البروبانون)

• الأكسدة الوساطيّة (نزع الهدروجين):

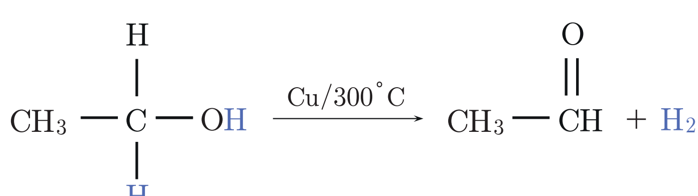
- يتأكسـد الغـول الأوّلـيّ إلـى الألدهيـد الموافـق بإمـرارِ أبخرتِـه علـى مسـحوقِ النّحـاس المسـخّن للدّرجـة 300˚C وفـق المعادلـة الآتيـة:



تطبيق (5):

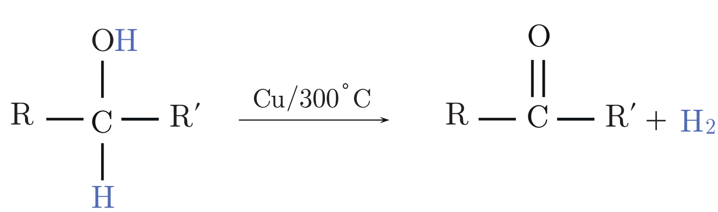
أسمّي الغول الذي يُعطي الإيتانال عند نزع الهدروجين منه، بشروط مناسبة، ثمّ اكتب معادلة التّفاعل الحاصل.

الحل:



إيتانول   الإيتانال

- يتأكسـد الغـول الثّانـويّ إلـى الكيتـون الموافـق بإمـرار أبخرتـه علـى مسـحوق النّحـاس المسـخّن للدّرجـة 300˚C وفـق المعادلـة الآتيـة:



نشاط (10):

يتأكسد البروبان – 2– ول بوجود مسحوق النّحاس والتسخين حتى الدرجة $300^{\circ}C$ ، اكتب معادلة التّفاعل الحاصل، ثمّ سمّ المركّب العضويّ النّاتج.

٤. تفاعلات البلمهة:

البلمهة: هي عمليّة انتزاع الماء من الغول بوجود حمض الكبريت المركَّز كوسيط ، وعند درجة حرارة مناسبة.

• البلمهة داخل الجزيء:

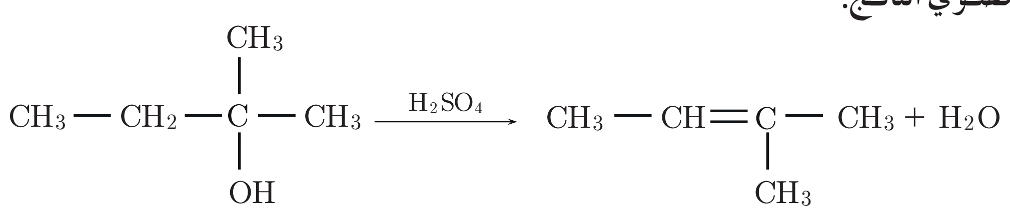
هي عمليّة نزع جزيئة ماء من جزيء واحد من الغول بوجود حمض الكبريت المركَّز كوسيط، وعند درجة حرارة مناسبة وفق قاعدة زايتسف، تزداد صعوبة البلمهة الدّاخلية من الغول الثّالثي إلى الغول الثّانويّ، فالأوّليّ.

إضاءة

قاعدة زايتسف يتمّ حذف الماء من الأغوال بخروج الهِدروجين من ذرّة الكربون الأقلّ هدروجيناً والمجاورة لذرّة الكربون المرتبطة بزمرة الهِدروكسيل، ويتشكّل الألكِن الأكثر تبادلاً.

تطبيق (6):

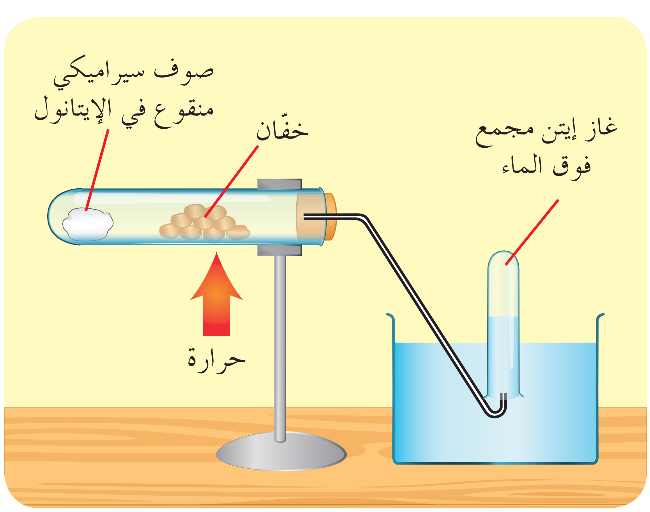
أكتب معادلة تفاعل البلمهة داخل الجزيء للمركّب: 2– متيل بوتان – 2– ول في شروط مناسبة، وأسمّي المركّب العضويّ النّاتج.



2–متيل بوتان – 2–ول ← 2–متيل بوتِن – 2

نشاط (11):

لاحظ من التجربة الموضحة بالشكل المجاور تجمع غاز الإيتن فوق سطح الماء الناتج عن الإيثانول. اكتب المعادلة المعبّرة عن التفاعل، وسمّ نوع التفاعل.



• البلمهة ما بين الجزيئيّة:

عملية نزع جزيئة ماء من جزيئتي غول بوجود حمض الكبريت عند درجة حرارة مناسبة، وينتج الإيتر الموافق.

تطبيق (7):

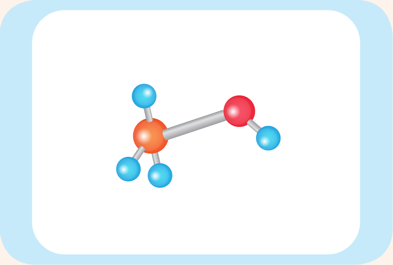
أكتب معادلة البلمهة مابين الجزيئيّة للإيتانول، وأسمّي المركَّب العضوي النّاتج.

$$2C_2H_5OH \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4} C_2H_5-O-C_2H_5+H_2O$$

ايتوكسي الإيتان

إثراء:

الميتانول (روح الخشب):



- غـول سـام لأنّـه يتأكسـد فـي الكبـد متحـوّلاً إلـى الميتانـال الّـذي يتفاعـل مـع الأنزيمـات، ويفقدهـا وظائفهـا الحيويّـة ممّـا يسـبّب العمـى.
- يسـتخدم فـي صناعـة اللّدائـن المسـتخدمة فـي المنتجـات الجلديّـة، وفـي المسـتحضراتِ الطّبّيَّـة.
- يسـتخدم فـي رشّ الأسـطح الخارجيّـة للطّائـرات لإزالـةِ الجليـدِ عنهـا حيـث تنخفـض درجـة تجمّـد المحلـول، وينصهـر الجليـد عنـد ذوبـان الميتانـول فيـه.

تعلّمت

- الأغوال مركّبات عضويّة تحتوي على الزمرة الهِدروكسيلية.
- صيغة الأغوال العامّة $C_nH_{2n+1}OH$ أو $R-OH$.
- تصنّـف الأغـوال حسـب نـوع ذرّة الكربـون التي ترتبـط بهـا زمـرة الهدروكسـيل إلـى أغـوال أوّليّـة، أغـوال ثانويّـة، أغـوال ثالثيّـة.
- تسمّى الأغوال حسب قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC وفق ما يلي:
  1. تُرقّم أطول سلسلة كربونيّة من الطّرف الأقرب إلى زمرة الهِدروكسيل.
  2. يُكتب اسم كلّ فرع (مُتبادل) – إن وُجد – مسبوق برقم ذرّة الكربون المرتبط بها.
  3. يُكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلةٍ كربونيّةٍ، ثمّ تكتبُ اللّاحقة (ول) مسبوقة برقم ارتباطها بالسِّلسلة.
- الأغـوال فـي حدودهـا الأولـى سـوائل مُزوجيّـة بالمـاء، تتحـوّل إلـى سـوائل زيتيّـة القـوام، ثـمّ إلـى مـوادّ صلبـة قليلـة المزوجيـة بالمـاء كلّمـا زادت الكتلـة الجزيئيّـة للمركّـب.

- تزداد درجة غليان الأغوال بازدياد كتلها الجزيئيّة.
- تتّصف الأغوال بصفة حمضيّة تظهر من خلال تفاعلها مع الأسس القويّة، والمعادن النشيطة كيميائياً.
- تتفاعل الأغوال مع الحموض الكربوكسيليّة لتعطي أستر وماء بوجودِ حفاز.
- البلمهة عند الأغوال إما داخليّة لإعطاء ألكِن أو بين الجزيئيّة لإعطاء إيتر.
- تتأكسد الأغوال الأوّليّة أكسدة تامّة معطية حموض كربوكسيليّة أمّا الأغوال الثّانوية فتعطي عند أكسدتها كيتونات في حين الأغوال الثالثية لا تستجيب لتفاعلاتِ الأكسدةِ.
- يحضر الإيتانول بعدّة طرائق صناعيّاً منها (ضم الإتيلين للماء بوجود حمض الكبريت والدّرجة $110^{\circ}C$، أو تخمّر الكربوهِدرات).

أختبر نفسي

أولاً: اختر الإجابة الصّحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. غول وحيد الوظيفة النّسبة الكتليّة للأكسجين فيه $\frac{8}{37}$ فتكون كتلته الموليّة:

a. 32 b. 44 c. 74 d. 60

2. مركّب عضويّ ذو الصّيغة $R-CHOH-R'$ يدلّ على:

a. الدهيد b. غول أولي c. غول ثالثي d. غول ثانوي

3. غول وحيد الوظيفة النّسبة الكتليّة للأكسجين فيه 50% هو:

a. ميتانول b. إيتانول c. بوتان – 1 –ول d. بروبان – 1 –ول

4. أكسدة الأغوال الثّانوية تعطي:

a. الدّهيدات b. حموض كربوكسيلية c. كيتونات d. إيترات

ثانياً: اكتب الصِّيغة نصف المنشورة لكلّ من المركّبات الآتية:

3 –متيل بنتان – 2 –ول، 2 – كلورو البروبان – 1 –ول، البوتانول – 1 –ول.

ثالثاً: اكتب الصّيغة الهيكليّة، ثمّ سمّ كلاً من المركّبات الآتية وفق قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC :

C_2H_5OH ، $CH_3-CHOH-CH_2-CH_2-CH_3$ ، $(CH_3)_3C-OH$

رابعاً: أعط تفسيراً علمياً لكلّ ممّا يأتي:

1. تتفاعل الأغوال مع المعادن النّشيطة.
2. الهكسان – 1 –ول أقلّ مزوجية في الماء من الإيتانول.
3. ينحلّ الإيتانول في الماء بكافّة النّسب.

خامساً: لديك الأغوال الآتية: بنتان – 2 –ول، بوتان – 1 –ول، 2 –متيل بروبان – 2 –ول، المطلوب:

1. اكتب الصّيغة نصف المنشورة، والصّيغة الهيكليّة لكلّ غول.
2. صنّف الأغوال السّابقة إلى: أوّليّة – ثانوية –ثالثيّة.

3. إثنان من الأغوال السّابقة متصاوغان مع بعضهما حدّدهما، واذكر نوع التّصاوغ.

سادساً: أجب عن الأسئلةِ الآتية:

1. يحضّر البروبان – 2– ول صناعياً من تفاعل ضمّ الماء إلى البروبن في الدّرجة $60^{\circ}C$ وضغط مناسب وبحضورِ وسائط حمضيّة. اكتب المعادلة المعبّرة عن التّفاعل.
2. يتأكسد البروبان – 1– ول أكسدة تامة إلى حمض البروبانوئيك، اكتب المعادلة المعبّرة عن التّفاعل.
3. اكتب معادلة تفاعل البلمهة الدّاخلية للبوتان – 2– ول في شروط مناسبة وسمّ المركّب العضويّ النّاتج.
4. اكتب معادلة البلمهة ما بين الجزيئيّة للميتانول، وسمّ المركّب النّاتج.

سابعاً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

غول ثانويّ يحتوي على 26.66% من الأكسجين. المطلوب:

1. احسب الكتلة الجزيئيّة للغول.
2. اكتب الصّيغة المجملة والصّيغة نصف المنشورة للغول.
3. اكتب اسم الغول حسب IUPAC.

(C:12, O:16, H:1)

المسألة الثّانية:

مركّب غولي كتلته الموليّة $74\ g.mol^{-1}$ يمكن الحصول عليه من ضمّ الماء إلى ألكِن نظامي. ما الصيغة نصف المنشورة لهذا المركّب؟ ما هو الألكِن المستعمل في التّفاعل.

(C:12, O:16, H:1)

المسألة الثّالثة:

يتفاعل غول وحيد الوظيفة مع الصُّوديوم فينتج ملح كتلته $\frac{34}{23}$ من كتلة الغول. المطلوب:

1. اكتب المعادلة المعبّرة عن التّفاعل الحاصل.
2. احسب الكتلة الموليّة للغول.
3. استنتج الصّيغة المجملة للغول، ثمّ الصّيغة نّصف المنشورة، وسمّه حسب IUPAC.

(C:12, O:16, H:1, Na:23)

تفكير ناقد

الميتانول أكثر حموضة من الأغوال الثّانويّة والثّالثيّة. فسّر ذلك.

أبحث أكثر

الإيتانول من المركّبات العضويّة الهامّة في عديد من الصّناعات، ابحث في مكتبة مدرستك أو في الشّابكة عن ذلك.

الألدهيدات والكيتونات

5-2

الأهداف:

* يتعرّف الوظيفة الألدهيدية.
* يتعرّف الوظيفة الكيتونية.
* يسمّي الألدهيدات حسب قواعد الاتّحاد الدوليّ للكيمياء IUPAC.
* يسمّي الكيتونات حسب قواعد الاتّحاد الدوليّ للكيمياء IUPAC.
* يتعرّف على أهمّ طرائق التّحضير الصّناعي لبعض الألدهيدات.
* يتعرّف على أهمّ طرائق التّحضير الصّناعي لبعض الكيتونات.
* يتعرّف على بعضِ الخاصيّاتِ الفيزيائيّة للألدهيدات.
* يتعرّف على بعضِ الخاصيّاتِ الفيزيائيّةِ للكيتونات.
* يتعرّف على بعضِ الخاصيّاتِ الكيميائيّةِ للألدهيدات.
* يتعرّف على بعضِ الخاصيّاتِ الكيميائيّةِ للكيتونات.

الكلمات المفتاحية:

* الألدهيدات
* الكيتونات
* زمرة الكربونيل

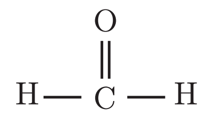


تحفظ في المخابر العلميّة بعض الكائنات الحيّة بعد موتها، أو أنسجتها في محلول مائيّ للفورم ألدهيد (الفورمالين)، حيث يمنع تحلّلها وإفسادها.

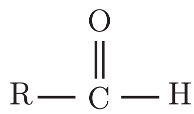
الزّمرة الوظيفيّة - الصّيغة العامّة للألدهيدات والكيتونات :

نشاط (1):

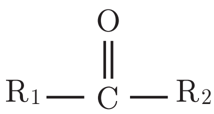
– ألاحظ الصّيغ الكيميائيّة الآتية:



ألدهيد



ألدهيد



كيتون

– أحدّد الزّمرة المشتركة في الصّيغ.

– أميّز بين الألدهيد والكيتون من حيث الزّمرة الوظيفيّة.

نتيجة:

- تشترك الألدهيدات والكيتونات بزمرة الكربونيل. $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$
- تتميّز الألدهيدات بوجود الزّمرة $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$ مرتبطة بجذر ألكيلي أو هدروجين.
- تتميّز الكيتونات بوجود الزّمرة الوظيفية $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$ مرتبطة بجذرين ألكيليين.
- الصّيغة العامّة للألدهيدات $R-CHO$ أو $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$.
- الصّيغة العامّة للكيتونات R_1-CO-R_2 أو $R_1-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R_2$

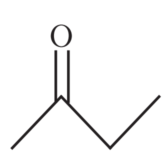
إضاءة

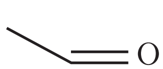
يعتبرُ الكيتون متناظر عندما $R_1 = R_2$

نشاط (2):

صنّف المركّبات الآتية إلى (ألدهيدات، كيتونات).







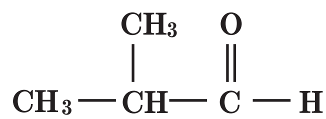
----------- ----------- -----------

تسمية الألدهيدات والكيتونات حسب قواعد الاتّحاد الدّوليّ للكيمياء البحتة والتّطبيقيّة IUPAC :

أولاً: تسمية الألدهيدات:

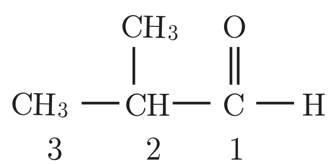
نشاط (3):

أُسمّي الألدهيد الآتي وفق قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC :



خطوات الحلّ:

1. أرقم أطول سلسلة كربونيّة بدءاً من ذرّة كربون الزّمرة الوظيفيّة:



2. أسمي الفرع المرتبطة بالسّلسلة مسبوقة برقم ذرّة الكربون المرتبط بها.
3. أكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة وأضيف اللّاحقة آل (al).

2– متيل بروبانال

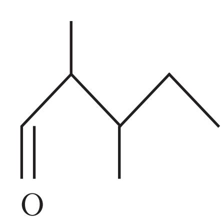
نتيجة:

تُكتب أسماء الألدهيدات حسب قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC وفق ما يلي:

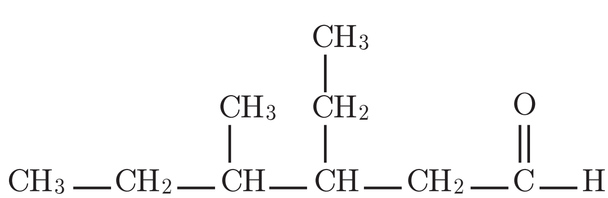
- تُرقّم أطول سلسلة كربونيّة بدءاً من ذرّة كربون الزّمرة الوظيفيّة.
- يُكتب اسم كلّ فرع (مُبتادل) إن وُجد مسبوق برقم ذرّة الكربون المرتبط بها.
- يُكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة مضافاً له اللّاحقة (آل).

تطبيق (1):

أكتب اسم المركّبين الآتيين وفق قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC :



3,2–ثنائي متيل البنتانال

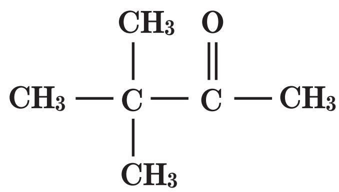


3–إيتل 4–ميتل الهكسانال

ثانياً: تسمية الكيتونات:

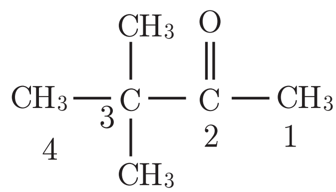
نشاط (4):

أُسمّي الكيتون الآتي وفق قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC :



خطوات الحلّ:

1. أرقّم أطول سلسلة كربونيّة بدءاً من الطَّرف الأقرب لذرّة كربون زمرة الكربونيل:



2. أسمّي الفروع المرتبطة بالسّلسلة مسبوقة برقم ذرّة الكربون المرتبطة بها.
3. أكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة, ثمَّ رقم ذرّة كربون زمرة الكربونيل وأضيف اللّاحقة (ون).
3,3– ثنائي متيل بوتان – 2– ون

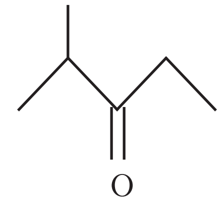
نتيجة:

تُكتب أسماء الكيتونات حسب قواعد الاتّحاد الدّوليّ للكيمياء IUPAC وفق الآتي:

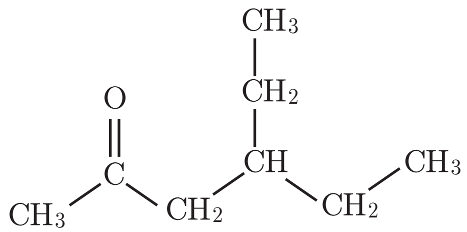
- تُرقّم أطول سلسلة كربونيّة من الطَّرف الأقرب لذرّة كربون زمرة الكربونيل.
- يُكتب اسم كلّ فرع (متبادل) إن وُجِد مسبوق برقم ذرَّة الكربون المرتبط بها.
- يُكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة، ثمّ تكتب اللّاحقة (ون) مسبوقة برقم ارتباطها بالسّلسلة.

تطبيق (2):

أكتب اسم المركّبين الآتيين وفق قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC :



2– متيل بنتان – 3– ون



4– إيتل الهكسان – 2– ون

نشاط (5):

اكتب الصّيغة نصف المنشورة والصّيغة الهيكليّة للمركّب الآتي:

4,2– ثنائي متيل بنتان – 3– ون

إضاءة

التسمية الشائعة: تطلق على بعض المركّبات الصّناعيّة من الألدهيدات والكيتونات تسمية شائعة:

الاسم الشائع للألدهيد أو الكيتون	الصيغة الجزيئية
فورم ألدهيد	HCHO
أسيت ألدهيد	$CH_3 - CHO$
أسيتون	$CH_3 - CO - CH_3$

التّحضير الصّناعيّ لبعض الألدهيدات :

تحضّر الألدهيدات صناعياً من خلالِ إمرارِ أبخرة الأغوال الأوّليّة على مسحوق النّحاس عند الدّرجة $300^\circ C$ لنحصل على الألدهيدات الموافقة أو من إرجاع الحموض الكربوكسيليّة باستخدام عنصر البلاديوم Pd .

نشاط (6):

اكتب المعادلة المعبّرة عن التّفاعل الحاصل عند إمرار بخار الغول الأولي على مسحوق النّحاس المسخّن للدّرجة $300^\circ C$.

نشاط (7):

اكتب المعادلة المعبّرة عن إرجاع الحمض الكربوكسيلي بالهدروجين بوجود البالاديوم كوسيط.

التّحضير الصّناعي لبعض الكيتونات :

يتمّ تحضير الكيتونات صناعياً من خلالِ إمرارِ أبخرة الأغوال الثّانويّة على مسحوق النّحاس عند الدّرجة $300^\circ C$ لنحصل على الكيتونات الموافقة.

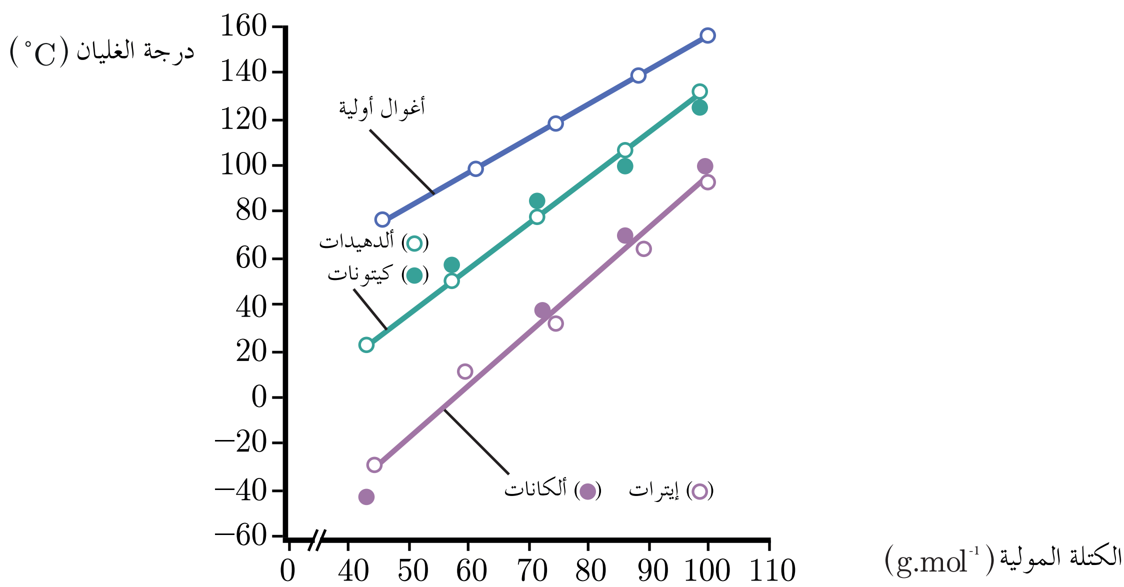
نشاط (8):

غول ثانوي يُعطي عند إمرار بخاره على مسحوق النّحاس المسخّن للدّرجة $300^\circ C$ البوتان – 2– ون اكتب المعادلة المعبّرة عن التّفاعل الحاصل.

الخاصيّات الفيزيائيّة للألدهيدات والكيتونات :

نشاط (9):

ألاحظ المخطط الآتي الذي يبيّن درجات غليان مجموعة من المركّبات العضويّة بدلالة الكتلة المولية وأجيب عن الأسئلة الآتية:



- كيف تتغيّر درجة غليان الألدهيدات ودرجة غليان الكيتونات بحسب كتلها المولية.
- أقارن بين درجة غليان الألدهيدات والأغوال الموافقة لها مع التّفسير.
- أقارن بين درجة غليان الألدهيدات والألكانات الموافقة مع التّفسير.
- أقارن بين درجة غليان الكيتونات والإيترات الموافقة مع التّفسير.

أستنتج:

- تزداد درجة غليان الألدهيد بازدياد كتلته المولية.
- تزداد درجة غليان الكيتون بازدياد كتلته المولية.
- درجة غليان الأغوال أعلى من درجة غليان الألدهيدات والكيتونات الموافقة لها، لأنّ قطبيّة الرّابطة $O-H$ في الأغوال أقوى من قطبيّة الرّابطة $>C=O$ في الألدهيدات والكيتونات إضافة إلى أنَّ جزيئات الأغوال تشكّل روابط هِدروجينيّة بين جزيئاتِها، بينما لا تشكّل الألدهيدات والكيتونات روابط هدروجينيّة.
- درجة غليان الألدهيدات والكيتونات أعلى من درجة غليان الألكانات الموافقة، لأنّ قطبيّة روابط الألدهيدات والكيتونات أعلى من قطبيّة روابط الألكانات.
- درجة غليان الألدهيدات والكيتونات أعلى من الإيترات الموافقة، لأن $>C=O$ قطبيّة الرّابطة في الألدهيدات والكيتونات أقوى من قطبيّة الرّابطة $C-O-C$ في الإيترات.

نشاط (10):

ألاحظ من الجدول الآتي الذي يمثّل مزوجية (انحلالية) بعض الألدهيدات والكيتونات ذات السّلاسل النّظاميّة وأفسّر:

1. مزوجية الألدهيدات والكيتونات ذات الكتل الجزيئيّة المنخفضة بكافة النسب في الماء.

2. تناقص مزوجية الألدهيدات والكيتونات بزيادة كتلها المولية.

المركب	الصيغة الجزيئية	المزوجية الكتلية في 100 mL من الماء
الإيتانال	$CH_3 - CHO$	مزوج بكافة النسب
البروبانال	$C_2H_5 - CHO$	16
البوتانال	$C_3H_7 - CHO$	7
البنتانال	$C_4H_9 - CHO$	قابلية قليلة جداً
بروبانون	$CH_3 - CO - CH_3$	مزوج بكافة النسب
بوتانون – 2	$C_2H_5 - CO - CH_3$	26
بنتانون – 3	$C_2H_5 - CO - C_2H_5$	5

- **تتمازج الألدهيدات والكيتونات ذات الكتل المولية المنخفضة في الماء، بسبب الصّفة القطبيّة لزمرة الكربونيل.**
- **يقلّ مزوجية الألدهيدات و الكيتونات تدريجيّاً مع ازدياد كتلها الجزيئيّة، بسبب ضعف تأثير الجزء القطبيّ عند كبر تأثير الجزء غير القطبيّ R.**

بعض الخاصيّات الكيميائيّة للألدهيدات والكيتونات :

أولاً: الأكسدة:

- التّفاعل مع محلول ثنائيّ كرومات البوتاسيوم في وسطٍ حمضيٍّ:

تجربة (1):

المواد والأدوات اللّازمة: محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم، ألدهيد (إيتانال)، كيتون (بروبانون)، أنبوبي اختبار – محلول حمض الكبريت.

خطوات التجربة:

- أضع في الأنبوب الأول 5 mL من الإيتانال وفي الأنبوب الثّاني 5 mL من البروبانون وأضيف إلى كلّ منهما قطرات من محلول حمض الكبريت. أضيف محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم إلى كلّ من الأنبوبين السّابقين، ماذا ألاحظ؟
- أكتب معادلة التّفاعل الحاصل.

أستنتج:

- **يتأكسد الإيثانال بمحلول ثنائيّ كرومات البوتاسيوم في وسط حمضيّ، وتُرجَع أيّونات ثنائي الكرومات ذات اللّون البرتقالي إلى أيونات الكروم Cr^{3+} ذات اللون الأخضر وفق المعادلة الآتية:**

$$8H^{+} + 3CH_3CHO + Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 3CH_3COOH + 2Cr^{3+} + 4H_2O$$

- **لا يتفاعل البروبانون مع ثنائيّ كرومات البوتاسيوم.**

إضاءة

يستخدم هذا التفاعل للكشف عن الألدهيدات والتمييز بينها وبين الكيتونات.

نتيجة:

تتأكسد الألدهيدات بسهولة إلى حموض كربوكسيليّة بسبب وجود ذرّة هدروجين مرتبطة بذرّة الكربون الزّمرة الكربونيليّة. بينما تقاوم الكيتونات الأكسدة بسبب عدم وجود ذرّة هدروجين مرتبطة بذرّة كربون الزّمرة الكربونيليّة.

نشاط (12):

وازن معادلة الأكسدة والإرجاع الآتية في وسطٍ حمضيٍّ، ثمّ حدّد كلّ من نصفي تفاعل الأكسدة وتفاعل الإرجاع:

$$HCHO + Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow HCOOH + Cr^{3+}$$

- التّفاعل مع كاشف تولِن:

تجربة (2):

المواد والأدوات اللّازمة: هِدروكسيد الفضّة النّشادريّ (كاشف تولِن)، ألدهيد (ميتانال أو إيتانال)، أنبوب اختبار.

خطوات التجربة:

- أضع $5\,mL$ من الإيتانال في أنبوب اختبار وأضيف إليه $1\,mL$ من محلول هِدروكسيد الفضّة النّشادريّ (كاشف تولِن).
- أسخّن الأنبوب في حمّام مائيٍّ ساخنٍ لمدّةٍ 5 دقائق، فألاحظ ترسّب طبقة من الفضّة على جدارن الأنبوب.



أستنتج:

يُرجع الإيثانال أيّونات الفضّة إلى الفضّة الّتي تترسّب على جدران الأنبوب مشكلة مرآة فضيّة، وتؤكسد أيّونات الفضّة الإيثانال إلى حَمضِ الإيثانوئيك الّذي يتحوّل إلى أيّونات الإيثانوات في وسطٍ أساسيٍّ وفق المعادلة:

$$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-H+(2Ag^{+}+3OH^{-})\xrightarrow[\text{وسط قلوي}]{\Delta}CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O^{-}+2Ag_{(s)}+2H_2O$$

الإيثانال - محلول تولن، لا لون له - أيون الإيثانوات - فضة - ماء

نتيجة:

تتفاعل الألدهيدات مع كاشف تولِن وفق المعادلة:

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-H+(2Ag^{+}+3OH^{-})\xrightarrow[\text{وسط قلوي}]{\Delta}R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O^{-}+2Ag\downarrow+2H_2O$$

ألدهيد - محلول تولن، لا لون له - أيون الكربوكسيلات - فضة

إثراء:

تحضير كاشف تولِن

يتمّ تحضير كاشف تولِن $[Ag(NH_3)_2]OH$ عبر مزج $1\,mL$ من نترات الفضّة و $1\,mL$ من هِدروكسيد البوتاسيوم 10%، فيتشكَّل راسب $AgOH$، ثمّ يُضاف هِدروكسيد الأمونيوم حتَّى يذوب الرَّاسب المتشكِّل.

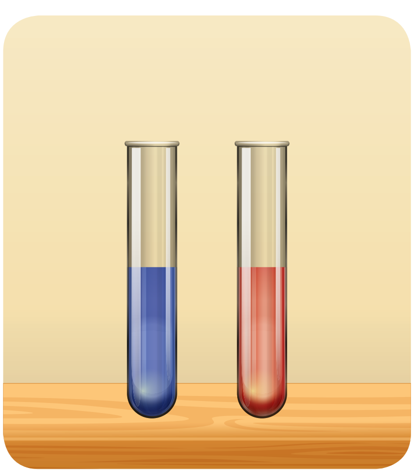
- التَّفاعل مع كاشف فهلنغ:

تجربة (3):

المواد والأدوات اللّازمة: مزيج لكبريتات النُّحاس وطرطرات الصُّوديوم والبوتاسيوم (كاشف فهلنغ)، ألدهيد (ميتانال أو إيثانال)، أنبوب اختبار.

خطوات التَّجربة:

- أضع في أنبوب اختبار $2\,mL$ من محلول فهلنغ.
- أضيف إليه $1\,mL$ من الإيثانال.
- أمزج محتوى الأنبوب في حمام مائيّ ساخن.
- ألاحظ تشكّل راسب أحمر آجُريّ.



أستنتج:

يُرجع الإيثانال أيّونات النّحاس II إلى أيّونات النّحاس I الذي يترسّب على شكلِ أكسيدِ النُّحاس الأحاديّ، وتؤكسد أيّونات النّحاس II الإيثانال إلى حَمضِ الإيثانوئيك الّذي يتحوّل إلى أيّونات الإيثانوات في وسط أساسيّ وفقَ المعادلة:

$$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-H + (2Cu^{2+} + 5OH^-) \xrightarrow[\text{وسط قلوي}]{\Delta} CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O^- + Cu_2O + 3H_2O$$

إيثانال — المحلول الأزرق (محلول فهلنغ) — أيون إيثانوات — أكسيد النحاس I راسب أحمر آجري

نتيجة:

تتفاعل الألدهيدات مع كاشف فهلنغ وفق المعادلة:

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-H + (2Cu^{2+} + 5OH^-) \xrightarrow[\text{وسط قلوي}]{\Delta} R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O^- + Cu_2O\downarrow + 3H_2O$$

ألدهيد — المحلول الأزرق (محلول فهلنغ) — أيون الكربوكسيلات — أكسيد النحاس I راسب أحمر آجري

نشاط (12):

اكتب معادلة تفاعل الميتانال مع كاشف فهلنغ، ثمّ حدّد كلّ من نصفي تفاعل الأكسدة وتفاعل الإرجاع، والعامل المُؤكسِد والعامل المُرجِع.

إثراء:

كاشف فهلنغ

يُسْتَعْمَلْ في الكشفِ عن الألدهيداتِ وتحديدِ كمّيّتها، يتكوّن من مزيج لكبريتات النُّحاس وطرطرات الصُّوديوم والبوتاسيوم في محلول أساسيّ.

ثانياً: تفاعلات الإضافة:

تحوي زمرة الكربونيل $>C=O$ على الرَّابطتين π,σ حيث يحدث تفاعل الإضافة على الرّابطة الأضعف π.

- إضافة سيانيد الهدروجين:

تطبيق (3):

اكتب المعادلة المعبّرة عن تفاعل ضمّ سيانيد الهدروجين إلى الإيثانال، وأسمِّي المركَّب العضوي النَّاتج.

$$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-H + H^+CN^- \longrightarrow CH_3-\underset{\underset{\displaystyle H}{|}}{\overset{\overset{\displaystyle OH}{|}}{C}}-CN$$

2– هِدروكسي بروبان نتريل

تطبيق (4):

أكتب تفاعل إضافة سيانيد الهدروجين للبروبانون، وأسمّي المركب العضوي النَّاتج.

$$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-CH_3 + HCN \longrightarrow CH_3-\underset{\underset{\displaystyle CH_3}{|}}{\overset{\overset{\displaystyle OH}{|}}{C}}-CN$$

2– هِدروكسي 2– متيل بروبان نتريل

ثالثاً: تفاعلات الإرجاع

- الإرجاع بواسطة هدريد اللّيثيوم والألمنيوم

يمكن إرجاع الألدهيدات والكيتونات إلى الأغوال الموافقة باستخدام المرجعات مثل: رباعي هدريد اللّيثيوم والألمنيوم أو الهدروجين بوجود البالاديوم كحفاز.

تطبيق (5):

أكتب المعادلة المعبّرة عن إرجاع الألدهيد بالهدروجين بوجود البالاديوم كحفاز.

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-H + 2[H] \xrightarrow{Pd} R-\overset{\overset{\displaystyle OH}{|}}{CH_2}$$

تطبيق (6):

أكتب المعادلة المعبّرة عن إرجاع الكيتون بالهدروجين بوجود البالاديوم كحفاز.

$$R_1-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-R_2 + 2[H] \xrightarrow{Pd} R_1-\overset{\overset{\displaystyle OH}{|}}{CH}-R_2$$

نشاط (13):

يُرجع الكيتون بالهدروجين بوجود البالاديوم كحفاز فينتُج البوتان – 2– ول. المطلوب:

1. **اكتب صيغة هذا الكيتون.**
2. **اكتب معادلة التّفاعل الحاصل.**

رابعاً: التّفاعل مع الهالوجينات:

يؤدي إضافة محلول اليود المنحل في رباعي كلور الكربون ذو اللّون البنفسجي إلى الكيتون لزوال لون اليود، حيث يستبدل اليود بذرّة الهدروجين المجاورة للزُّمرة الوظيفيّة وفق التَّفاعل الآتي:

$$R-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-CH_3 + I_2 \longrightarrow R-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-\overset{\overset{\large I}{|}}{C}H_2 + HI$$

إضاءة

يتغيّر لون محلول اليود حسب المذيب فهو بني اللّون في الإيتانول وبنفسجي اللّون في رباعي كلور الكربون

نشاط (14):

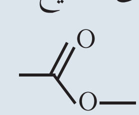
اكتب معادلة تفاعل البروم مع الأسيتون، وسمِّ المركَّب العضويّ النَّاتج.

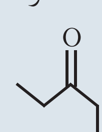
تعلّمت

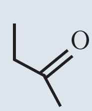
- تشترك الألدهيدات والكيتونات بزمرة الكربونيل $-\overset{\overset{\Large O}{\|}}{C}-$.
- تحضّر الألدهيدات صناعياً من خلال إمرار أبخرة الأغوال الأوّليّة على مسحوق النّحاس عند الدّرجة $300^\circ C$ لنحصل على الألدهيدات الموافقة أو من إرجاع الحموض الكربوكسيليّة بالهدروجين بوجود البلاديوم Pd.
- تحضّر الكيتونات صناعيّاً من خلال إمرار أبخرة الأغوال الثّانوية على مسحوق النّحاس عند الدَّرجة $300^\circ C$.
- درجة غليان الأغوال أعلى من درجة غليان الألدهيدات والكيتونات الموافقة.
- درجة غليان الألدهيدات والكيتونات أعلى من درجة غليان الألكانات الموافقة.
- درجة غليان الألدهيدات والكيتونات أعلى من الإيترات الموافقة.
- تتأكسد الألدهيدات بسهولة إلى حموض كربوكسيليّة.
- تضمّ الألدهيدات والكيتونات سيانيد الهدروجين.
- تُرجع الألدهيدات إلى أغوال أوّليّة.
- تُرجع الكيتونات إلى أغوال ثانويَّة.
- تتفاعل الألدهيدات والكيتونات مع الهالوجينات.

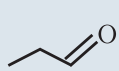
أختبر نفسي

أولاً: اختر الإجابة الصّحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. تشترك الألدهيدات والكيتونات بوجودِ زمرة:
   a. الكربونيل **b.** الفورميل **c.** الهدروكسيل **d.** الكربوكسيل
2. إحدى الصِّيغ الآتية تمثّل كيتون متناظر:
   a. 

   b. 

   c. 

   d. 

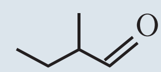
3. يُرجع البروبانون بالهدروجين، بوجود البالاديوم كوسيط وينتج:
   a. بروبانال **b.** حمض البروبانوئيك **c.** بروبان – 2 – ول **d.** بروبان – 1 – ول
4. المركَّب الّذي يتفاعل مع كاشف فهلنغ من بين المركَّبات الآتية هو:
   a. بروبان – 2 – ون **b.** ميتانوات الإيتيل **c.** حمض الإيتانوئيك **d.** إيتانال

ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلّ ممّا يأتي:

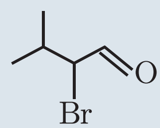
1. درجات غليان الألدهيدات أقلّ من درجات غليان الأغوال الموافقة.
2. تقلّ مُزوجية الكيتونات في الماء بزيادة كتلها الجزيئيّة.
3. تتأكسد الألدهيدات بسهولة بينما تقاوم الكيتونات الأكسدة في الشروط ذاتها.

ثالثاً: اكتب الصّيغة النّصف منشورة للمركّبات الآتية، ثمّ سمِّها وفق قواعد IUPAC.

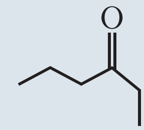
a.



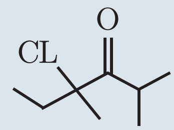
b.



c.



d.



رابعاً: أكتب الصّيغة الهيكليّة للمركّبات الآتية:

a. 3– متيل هكسان – 2– ون

b. 3,3– ثنائي متيل بوتانال

c. 2– كلورو بروبانال

d. 3– متيل بنتان – 2– ون

خامساً: أكمل المعادلات الآتية:

$$H-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-H+(2Ag^{+}+3OH^{-})\xrightarrow{\Delta}$$

$$CH_3-CH_2-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-CH_3+HCN\longrightarrow$$

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-CH_3+I_2\longrightarrow$$

$$CH_3-CH_2-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-H+2Cu^{2+}+5OH^{-}\longrightarrow$$

سادساً: وازن معادلة الأكسدة والإرجاع الآتية في وسطٍ حمضيٍّ ، واكتب نصفي تفاعل الأكسدة، وتفاعل الإرجاع، ثمّ حدد العاملَ المُؤكسِد، والعاملَ المُرجِعَ:

$$R-CHO+MnO_4^{-}\longrightarrow R-COOH+Mn^{2+}$$

سابعاً: حلّ المسألتين الآتيتين:

المسألة الأولى:

كيتون متناظر النّسبة المئويّة الكتليّة للأكسجين فيه 18.6%، المطلوب:

1. احسبِ الكتلة الموليّة لهذا الكيتون.
2. استنتج صيغته النّصف منشورة، واكتب اسمّه.

المسألة الثَّانية:

يمرّر بخار غول أوّليّ على مسحوقِ النّحاس المسخّن إلى الدرجة $300\,^{\circ}C$، فيتشكّل $2.2\,g$ من ألدهيد، ثمّ يعامل هذا الألدهيد مع كمّيّة كافية من محلول تولِن، فيتشكّل راسب كتلته $10.8\,g$. المطلوب:

1. اكتب المعادلتين المعبّرتين عن التّفاعلين الحاصلين.
2. احسب الكتلة الموليّة لكلّ من الألدهيد والغول.
3. استنتج الصّيغة النّصف منشورة لكلٍّ من الألدهيد والغول، واكتب اسم كلّ منهما.

تفكير ناقد

وضّح كيف تميّز بين الألدهيد والكيتون بتجربة مناسبة.

أبحث أكثر

للميتانال استخدامات عديدة في الصناعة، ابحث في ذلك مستعيناً بمكتبة مدرستك أو في الشابكة.

5-3 الحموض العضوية (الكربوكسيلية)

الأهداف:

* يصنّف الحموض الكربوكسيلية.
* يسمّي الحموض الكربوكسيليّة وفق نمط الاتّحاد الدّوليّ (IUPAC).
* يتعرّف بعض الخاصّيّات الفيزيائيّة للحموض الكربوكسيليّة.
* يتعرّف بعض الخاصّيّات الكيميائيّة للحموض الكربوكسيليّة.
* يستنتج تجريباً قوّة الحموض الكربوكسيليّة.
* يتعرّف بعض طرائق استحصال حمض الايتانوئيك.

الكلمات المفتاحية:

* الحموض الكربوكسيليّة
* زمرة الكربوكسيل





تعدّ نبتة الصّفصاف من النّباتات الطّبّيّة الّتي عُرفت منذ القديم كمادّة مسكنة للألم وخافضة للحرارة، يعود ذلك لاحتوائها على حمض الساليسيلك، وهو من الحموض الكربوكسيليّة الأروماتيّة والذي يوجد أيضاً في نسغ نبات التين.

تصنيف الحموض الكربوكسيليّة :

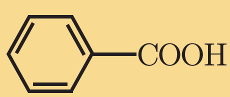
نشاط (1)

ألاحظ الصّيغ الكيميائيّة الآتية:



- أصنّف الحموض الكربوكسيليّة حسب عدد الزُّمر الوظيفيَّة.
- أصنّف الحموض الكربوكسيليّة حسب نوع الجذر الّذي ترتبط فيه الزّمرة الوظيفيّة.
- أحدّد نمط تهجين ذرّة الكربون المرتبطة بالزّمرة الوظيفيّة.

أستنتج:

	COOH R − C − COOH COOH	COOH R − C − H COOH	$R-CH_2-COOH$
أحادي الوظيفة	ثلاثي الوظيفة	ثنائي الوظيفة	أحادي الوظيفة
حمض أريلي (عطري)	حمض إليفاتي	حمض إليفاتي	حمض أليفاتي
sp^2	sp^3	sp^3	sp^3

تسمية الحموض الكربوكسيليّة بحسب الاتّحاد الدّوليّ للكيمياء البحتة والتّطبيقيّة IUPAC :

نشاط (2):

أُسمّي الحمض الكربوكسيليّ الآتي وفق قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC :

$$CH_3-CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$$

خطوات الحلّ:

1. أرقِّم أطول سلسلة كربونيّة بدءاً من ذرَّة كربون الزّمرة الكربوكسيليّة:

$$\underset{4}{CH_3}-\underset{3}{CH_2}-\underset{2}{CH_2}-\underset{1}{\overset{\overset{O}{\|}}{C}}-OH$$

2. أسمّي الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة مسبوقاً بكلمة حمض، مع إضافة اللّاحقة (وئيك)، حمض البوتانوئيك.

نتيجة:

تُكتب أسماء الحموض الكربوكسيليّة حسب قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC وفق ما يأتي:

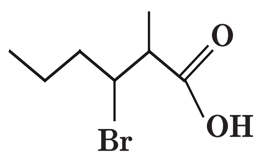
- تُرقّم أطول سلسلة كربونيّة بدءاً من ذرّة كربون الزّمرة الكربوكسيليّة.
- تُكتب كلمة حَمض ثمَّ اسم كلّ فرع (مُتبادل) –إن وُجد– مسبوقاً برقم ذرّة الكربون المرتبط بها.
- يُكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة، ثمّ تضاف اللّاحقة (وئيك oic).

تطبيق (1):

أكتب اسم كلٍّ من المركّبين الآتيين وفق قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC :

$$CH_3-CH_2-\underset{}{\overset{OH}{\overset{|}{CH}}}-CH_2-COOH$$

حمض 3– هِدروكسي البنتانوئيك



حمض 3– برومو 2– متيل الهكسانوئيك

نشاط (3):

اكتب الصيغة نصف المنشورة والصيغة الهيكلية للمركب الآتي:

حمض 3– إتيل – 2– متيل البنتانوئيك.

إضاءة

التسمية الشائعة لبعض الحموض الكربوكسيلية:

			
الاسم	حمض النّمل	حمض الزّبدة	حمض الخلّ
الصيغة	$HCOOH$	C_3H_7COOH	CH_3COOH

الخاصّيّات الفيزيائيّة:

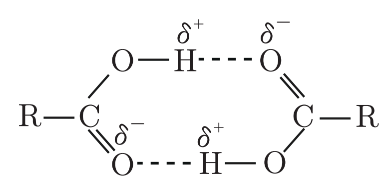
نشاط (4):

ألاحظ من الجدول الآتي الّذي يمثّل مُزوجية بعض الحمض الكربوكسيليّة النّظاميّة، وأفسّر ما يأتي:

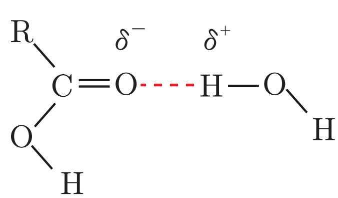
اسم الحمض النظامي	درجة الغليان °C	المزوجية في 100 g ماء عند 20°C
حمض الميتانوئيك	101	مزوج بأية نسبة
حمض الإيتانوئيك	118	مزوج بأية نسبة
حمض البروبانوئيك	141	مزوج بأية نسبة
حمض البوتانوئيك	164	مزوج بأية نسبة
حمض البنتانوئيك	187	3.7
حمض الهكسانوئيك	205	1.08

1. الحموض الكربوكسيليّة الّتي تحوي 1 – 4 ذرّات كربون تتمازج في الماء بالنِّسَبِ كافَّةِ.
2. نقصان مزوجية الحموض الكربوكسيليّة في الماء بازدياد كتلها الجزيئيّة.
3. درجة غليان الحموض الكربوكسيليّة مرتفعة مقارنة مع المركّبات العضويّة الموافقة.

- تتمازج الحموض الكربوكسيليّة الّتي تحوي 1 – 4 ذرّات كربون في الماء. بكافة النّسب بسبب تشكّل الرّوابط الهدروجينيّة بين جزيئات الحموض الكربوكسيليّة وجزيئات الماء.
- يتناقص تمازُج الحموض الكربوكسيليّة في الماء بازدياد كتلها الجزيئيّة بسبب نقصان تأثير الجزء القطبيّ COOH– وزيادة تأثير الجزء غير القطبيّ R.
- درجة غليان الحموض الكربوكسيليّة مرتفعة مقارنة مع المركّبات العضويَّة الموافقة، بسبب تفوّق الصّفة القطبيّة للحموض الكربوكسيليّة حيث أنّ زمرة الكربوكسيل تتكون من زمرتين قطبيّتين هما الهِدروكسيل والكربونيل بالإضافة إلى تشكيل رابطتين هدروجينيّتين بين كلّ جزيئين من الحمض الكربوكسيلي.



الروابط الهدروجينية بين جزيئتي الحمض الكربوكسيلي



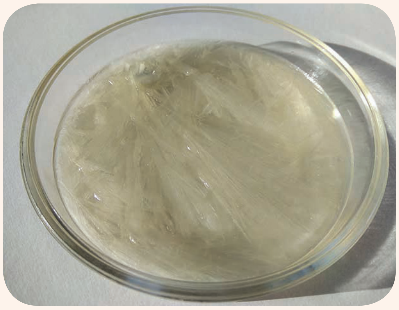
الروابط الهدروجينية بين جزيئات الحمض الكربوكسيلي والماء

نشاط (5):

تتجمّع جزيئات حمض الخلّ على شكل جزيئات ثنائيّة، وضّح ذلك مستعيناً بالرَّسم.

إثراء:

حمض الخلّ النّقيّ يسمّى حمض الخلّ الثّلجي ويوجد على شكل بلّورات بيضاء نقيّة تنصهر عندَ الدّرجة $16.6^\circ C$.



تحضير الحموض الكربوكسيليّة:

الأكسدة التّامّة للأغوال الأوليّة:

نشاط (6):

اكتب معادلة الأكسدة التّامّة للغول الأوّليّ بوجود مؤكسد قويّ في وسطٍ حمضيٍّ وسمّ المركَّب العضوي النَّاتج.

أكسدة الألدهيدات:

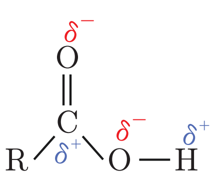
نشاط (7):

يتأكسد البروبانال في شروط مناسبة، اكتب معادلة التّفاعل الحاصل، وسمِّ المركَّب العضوي النَّاتج.

الخاصيّات الكيميائيّة:

أولاً: الخاصّيّة الحمضيّة:

تعود الصّفة الحمضيّة لهذه المركّبات إلى قطبيّة الرّابطة $>C=O$ ممّا يؤدّي لسهولة مغادرة بروتون H^+ في المحلول المائيّ.



تطبيق (2):

أكتب معادلة تأيّن الحَمض الكربوكسيليّ في الماء.

$$R-COOH+H_2O \rightleftharpoons R-COOH^-+H_2O$$

نشاط (8):

اكتب معادلة تأيّن حمض البروبانوئيك ثمّ حدّد الأزواج المترافقة (أساس/حمض) بحسب نظريّة برونشتد – لوري.

إضاءة

معظم الحموض الكربوكسيليّة حموض ضعيفة التّأيّن في الماء، حيث يتراوح ثابت تأيّنها بين (10^{-4} و 10^{-5}).

• التّفاعل مع الأسس:

تطبيق (3)

أكتب المعادلة المعبّرة عن تفاعل الحمض الكربوكسيلي مع هِدروكسيد الصُّوديوم.

$$R-\overset{\overset{\large O}{||}}{C}-OH + NaOH \longrightarrow R-\overset{\overset{\large O}{||}}{C}-ONa + H_2O$$

ملح كربوكسيلات الصُّوديوم

نشاط (9):

اكتب معادلة تفاعل حمض الخلّ مع هِدروكسيد البوتاسيوم وسمِّ النّواتج

إثراء:

يتفاعل هِدروكسيد الصُّوديوم أو البوتاسيوم مع الحموض الكربوكسيليّة ذات السّلاسل الطّويلة المعروفة بالحموض الدّسمة معطياً ملح كربوكسيلات المعدن الموافقة.



$$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH + NaOH \rightarrow CH_3-(CH_2)_{14}COONa + H_2O$$

حمض النّخل (حمض هكساديكانوئيك) — نخلات الصُّوديوم (الصّابون)

يستخدم هِدروكسيد الصُّوديوم في هذا التّفاعل لإنتاج الصّابون الصّلب أمّا هِدروكسيد البوتاسيوم يستخدم لإنتاج الصّابون السّائل.

• التّفاعل مع المعادن:

تجربة:

الموادُ والأدواتُ اللّازمة: مسحوق المغنزيوم – أنبوب اختبار – حمض الإيتانوئيك – عود ثقاب.

خطوات التّجربة:

- أضع كمّيّة قليلة من مسحوق المغنزيوم في أنبوبِ اختبار.
- أضيف كمّيّة مناسبة من حمض الإيتانوئيك.
- أقرّب عود ثقاب من فوّهة الأنبوب، ماذا ألاحظ؟
- أكتب معادلة التّفاعل الحاصل.

أستنتج: يتفاعلُ حمض كربوكسيلي وحيد الوظيفة مع المغنزيوم، فيتشكّل ملح كربوكسيلات المغنزيوم، وينطلق غاز الهدروجين الّذي يحترق بلهبٍ أزرقٍ مع سماع صوت فرقعة خفيفة وفق المعادلة.

$$2R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH+Mg\longrightarrow (R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O)_2Mg+H_2$$

نشاط (10):

اكتب معادلة تفاعل حمض الميتانوئيك مع الحديد وسمّ النَّواتج.

• التَّفاعل مع الأملاح:

تجربة:

الموادُ والأدواتُ اللّازمة: (كربونات الصّوديوم – أنبوب اختبار – حمض الإيتانوئيك – محلول رائق الكلس)

خطوات التّجربة:

- أضع كمّيّة قليلة من كربوناتِ الصُّوديوم في أنبوب اختبار.
- أضيف كمّيّة مناسبة من حَمض الإيتانوئيك.
- أمرّر الغاز المنطلق على محلول رائق الكلس، ماذا ألاحظ؟
- أكتب معادلة التَّفاعل.

أستنتج: يتفاعل حمض الإيتانوئيك مع كربونات الصُّوديوم وينتج ملح إيتانوات الصُّوديوم وينطلق غاز ثنائي أكسيد الكربون الّذي يعكّر رائق الكلس.

$$2CH_3-COOH+Na_2CO_3\longrightarrow 2CH_3-COONa+H_2O+CO_2$$

نشاط (11):

اكتب معادلة تفاعل حَمض الميتانوئيك مع كربونات الكالسيوم وسمّ النواتج.

ثانياً: التَّفاعل مع النّشادر:

تتفاعل الحموض العضويّة مع النّشادر وينتج ملح كربوكسيلات الأمونيوم الّذي يتفكَّك بالتَّسخين إلى الأميد الموافق والماء وفق المعادلة الآتية:

$$\underset{\text{حمض كربوكسيلي}}{R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH}+\underset{\text{نشادر}}{NH_3}\longrightarrow \underset{\text{كربوكسيلات الأمونيوم}}{R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O^-NH_4^+}\xrightarrow{\Delta}\underset{\text{أميد}}{R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-NH_2}+\underset{\text{ماء}}{H_2O}$$

ثالثاً: تفاعل البلمهة ما بين الجزيئيَّة:

يتمّ فيها حذف جزيئة ماء من جزيئتين من الحمض بوجود خماسيّ أكسيد الفوسفور ويتشكّل بلا ماء الحمض الكربوكسيليّ وفق المعادلة الآتية:

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH+R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH \xrightarrow{P_2O_5} R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-R+H_2O$$

بلا ماء الحمض الكربوكسيليّ

نشاط (12):

اكتب معادلة تفاعل البلمهة ما بين الجزيئيّة لحمض الإيثانوئيك، ثمّ اكتب صيغة الوسيط المسْتَخْدَمْ، وسمّ المركَّب العضويّ النّاتج.

رابعاً: التّفاعل مع خماسيّ كلور الفوسفور:

يتفاعل حمض كربوكسيلي مع خماسي كلور الفوسفور فينتج كلوريد الحمض الّذي يعدّ مصدر رئيس للعديد من المركّبات العضويّة، حيث يتشكّل من استبدال ذرّة Cl بزمرة OH^- وفق المعادلة الآتية:

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH+PCl_5 \longrightarrow R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-Cl+POCl_3+HCl$$

حمض كربوكسيلي	خماسي كلور الفوسفور	كلوريد أسيل	فوسفوريل كلوريد	غاز كلور الهدروجين

نشاط (13):

اكتب معادلة تفاعل حمض الإيثانوئيك مع خماسي كلور الفوسفور.

خامساً: تفاعلات الإرجاع:

1. **ترجع الحموض الكربوكسيليّة إلى الأغوال الأوّليّة الموافقة باستخدام رباعيّ هدريد اللّيثيوم والألمنيوم** وفق المعادلة الآتية:

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH+4(H) \xrightarrow{LiAlH_4} R-CH_2-OH+H_2O$$

2. **الإرجاع بالبلاديوم:**
ترجع الحموض الكربوكسيليّة إلى الألدهيدات الموافقة بتفاعلها مع الهدروجين بوجود حفاز (البالاديوم) وفق المعادلة الآتية:

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH+2(H) \xrightarrow{Pd} R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-H+H_2O$$

تعلّمت

- الحموض الكربوكسيليّة مركّبات عضويّة تتميّز بوجود زمرة أو أكثر من زمر الكربوكسيل $-COOH$ ترتبط مع جذر ألكيل أو جذر عطري.
- تُكتب أسماء الحموض الكربوكسيليّة حسب قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC وفق ما يأتي:
  1. تُرقّم أطول سلسلة كربونيّة بدءاً من ذرّة كربون الزّمرة الكربوكسيليّة.
  2. تكتب كلمة حمض، ثمّ اسم كلّ فرع (مُتبادل) إن وُجِدَ مسبوق برقم ذرّة الكربون المرتبط بها.
  3. يُكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة، ثمّ تضاف اللّاحقة (وئيك oic).
- تحضَّر الحموض الكربوكسيليّة من الأكسدة القويّة للأغوال الأوّليّة أوالألدهيدات بوجود وسطٍ حمضيٍّ .
- معظم الحموض الكربوكسيليّة حموض ضعيفة التّأيّن في الماء، حيث يتراوح ثابت تأيّنها بين (10^{-4} و 10^{-5}).
- تظهر الصّفة الحمضيّة للحموض الكربوكسيليّة من خلال تفاعلاتها مع المعادن النّشيطة والأملاح والأسس .
- تُرجع الحموض الكربوكسيليّة إلى الدّهيد أو غول أوّلي حسب الوسيط المستخدم.

أختبر نفسي

أولاً: اختر الإجابة الصّحيحة لكلّ ممّا يأتي:

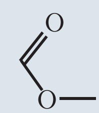
1. يُرّجع حمض الإيثانوئيك إلى الإيثانال بوجود:

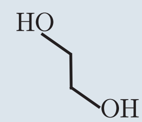
a. P_2O_5　　**b.** PCl_5　　**c.** $LiAlH_4$　　**d.** Pd

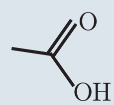
2. يتفاعل حمض البروبانوئيك مع النّشادر بالتّسخين فيتشكّل:

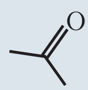
a. البروبانال　　**b.** بروبان أميد　　**c.** بروبان نتريل　　**d.** بروبان أمين

3. المركّب العضويّ الّذي يُعدُّ حمضاً كربوكسيليّاً من المركّبات الآتية:

a. 

b. 

c. 

d. 

ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلٍّ ممّا يأتي:

1. تفوق الصّفة القطبيّة للحموض الكربوكسيليّة مقارنة مع باقي المواد العضويّة الموافقة.
2. نقصان مزوجية الحموض الكربوكسيليّة في الماء بارتفاع كتلها الجزيئيّة.
3. درجة غليان الحموض الكربوكسيليّة أعلى من درجة غليان الألدهيدات الموافقة.

ثالثاً: أكتبُ الصّيغة نصف المنشورة والصّيغة الهيكليّة لكلّ من المركّبين الآتيين:

حمض 3,2– ثنائي متيل البنتانوئيك　　　حمض 3– كلورو البوتانوئيك

رابعاً: اكتب الصّيغة الهيكليّة لكلّ من المركّبين الآتيين، ثمّ سمّيهما وفق قواعد IUPAC :

$CH_3-CHBr-CH_2-COOH$　　　$CH_3-(CH_2)_3-COOH$

خامساً: عبّر عن التّفاعلات الآتية بمعادلات كيميائيّة، وسمِّ النّواتج.

1. إرجاع حمض الإيثانوئيك بوجود رباعيّ هدريد اللّيثيوم والألمنيوم.
2. البلمهة ما بين الجزيئيّة لحمض الميتانوئيك بوجود خماسيّ أكسيد الفوسفور.
3. تفاعل حمض الميتانوئيك مع كربوناتِ الكالسيوم.

سادساً: حمض كربوكسيليّ نظاميّ صيغته المجملة $C_5H_{10}O_2$. اكتب متصاوغاته وسمّها، ثمّ اذكر نوع التّصاوغ.

سابعاً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

حمض كربوكسيليّ يحتوي على 69.56% من كتلتِه أكسجين .المطلوب:

1. احسب الكتلة الجزيئيّة الموليّة للحمض.
2. اكتب الصّيغة النّصف منشورة للحمض، وسمّه.

C:12, H:1, O:16

المسألة الثَّانية:

يتفاعل حمض كربوكسيليّ نظاميّ وحيد الوظيفة $R-COOH$ مع هِدروكسيد الصُّوديوم ويعطي ملحاً كتلته $\frac{5}{4}$ من كتلة الحمض. المطلوب:

1. اكتب المعادلة الكيميائيّة المعبّرة عن التّفاعل الحاصل.
2. احسب الكتلة الموليّة للحمض.
3. 3)استنتج صيغة الحَمض، وسمِّه.

$C:12,\ H:1,\ Na:23,\ O:16$

المسألة الثَّالثة:

ينتج عن تفاعل البلمهة ما بين الجزيئيَّة لحمض كربوكسيليّ وحيد الوظيفة $R-COOH$ مركّب عضويّ كتلته الموليّة تساوي $102\,g.mol^{-1}$، المطلوب:

1. اكتب المعادلة المعبِّرة عن تفاعل البلمهة مابين الجزيئيّة للحمض.
2. احسب الكتلة الموليَّة للحمض الكربوكسيليّ.
3. استنتج صيغة الحمض الكربوكسيليّ وسمّه.
4. استنتج صيغة المركّب العضويّ النَّاتج وسمّه.

$C:12,\ H:1,\ O:16$

المسألة الرّابعة:

غول أوّليّ مشبع وحيد الوظيفة $R-CH_2-OH$ يؤكسد أكسدة تامّة، ثمّ يعامل ناتج الأكسدة مع هِدروكسيد البوتاسيوم فينتج ملحاً كتلته $\frac{56}{37}$ من كتلة ناتج الأكسدة. المطلوب:

1. اكتب معادلات التَّفاعل الحاصلة.
2. استنتج صيغة ناتج الأكسدة وسمِّه.
3. استنتج صيغة الغول المسْتَعْمَلْ وسمِّه.

$C:12,\ H:1,\ K:39,\ O:16$

تفكير ناقد

تتآكل طاولات المطابخ المصنوعة من الرخام مع مرور الزمن، ما تفسيرك لذلك؟

أبحث أكثر

للأسبرين استخدامات طبيّة عديدة، حيث يحضّر من حمض السالسيليك، ابحث في مكتبة مدرستك أو في الشابكة عن طرائق تصنيع الأسبرين.

5-4 مشتقّات الحموض الكربوكسيليّة

الأهداف:

* يتعرّف الزّمرة الإسترية.
* يتعرّف الزّمرة الأميدية.
* يسمّي الإسترات حسب قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC.
* يسمّي الأميدات حسب قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC.
* يستنتج بعض الخاصّيّات الفيزيائيّة للإسترات.
* يوضّح بعض طرائق تحضير الإسترات.
* يستنتج بعض الخاصّيّات الفيزيائيّة للأميدات.
* يوضّح بعض طرائق تحضير الأميدات.
* يتعرّف من خلال التّجارب على الخاصّيّات الكيميائيّة للإسترات.
* يتعرّف من خلال التّجارب على الخاصّيّات الكيميائيّة للأميدات.

الكلمات المفتاحية:

* إستر
* أميد
* الزّمرة الأميدية
* الزّمرة الإستيرية

أولاً: الإسترات



توجد الإسترات بشكل طبيعي في الفواكه وتكسبها روائح ونكهات مميّزة وتستخدم في المنكّهات الاصطناعيّة والعطور.

الصِّيغة العامّة للإسترات :

نشاط (1):

ألاحظ الجدول الآتي الّذي يحتوي على إسترات:

$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-R'$	$H-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-CH_3$	$CH_3-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-CH_3$

1. ما الصّيغة العامّة للإسترات؟
2. ما الزّمرة الوظيفيّة الّتي تميّز الصّيغ السّابقة؟
3. بماذا تختلف الصّيغ السّابقة عن الحموض الكربوكسيليّة؟

أستنتج:

- **الصِّيغة العامَّة للإسترات $R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-R'$ أو $RCOOR'$**
- **تحتوي الإسترات على الزّمرة $-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-$ الإسترية.**
- **$R' \neq H$ في الإسترات.**

تسمية الإسترات حسب قواعد الاتّحاد الدّوليّ للكيمياء البحتة والتطبيقيّة IUPAC :

نشاط (2):

أُسمّي الإستر الآتي وفق قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC :

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-CH_2-CH_3$$

خطوات الحلّ:

1. أرقم أطول سلسلة كربونيّة بدءاً من ذرّة كربون $-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-$ الزّمرة الإستريّة:

$$\underset{2}{CH_3}-\underset{1}{\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}}-O-CH_2-CH_3$$

2. أضع اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة ونتبعه باللّاحقة (وات)، ثمّ نتبعه باسم الجذر الألكيلي (R')
إيتانوات الإتيل

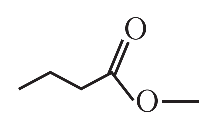
نتيجة:

تُكتب أسماء الإسترات حسب قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC وفق الآتي:

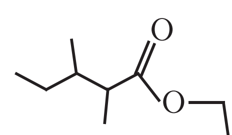
- تُرقّم أطول سلسلة كربونيّة بدءاً من ذرّة كربون الزّمرة الإسترية.
- يُكتب اسم كلّ فرع (مُتبادل) إن وُجد مسبوق برقم ذرّة الكربون المرتبط بها.
- يُكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة مضافاً له اللّاحقة (وات) متبوعاً باسم الجذر الألكيلي (R′)

تطبيق (1):

أكتب اسم كلاً من المركّبين الآتيين وفق قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC :



بوتانوات المتيل



3,2–ثنائي متيل بنتانوات الإتيل

نشاط (3):

اكتب الصّيغة نصف المنشورة والصّيغة الهيكليّة للمركَّب الآتي:

2,2–ثنائي متيل بروبانوات الإتيل

إضاءة

التسمية الشّائعة لبعض الإسترات.

الصّيغة الجزيئيّة	الاسم الشّائع للإستر
$CH_3-COO-CH_3$	خلات المتيل (أسيتات المتيل)
$H-COO-C_2H_5$	نملات الإتيل (فورمات الإتيل)

تحضير الإسترات :

١- تفاعل الإسترة:

يسمى تفاعل الحمض الكربوكسيلي مع الغول بتفاعل الأسترة، يحدث على الرّابطة $C-O$ في الحمض وعلى الرّابطة $O-H$ في الغول كما يأتي:

$$R-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-OH + R'-OH \xrightleftharpoons{H_2SO_4} R-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-O-R' + H_2O$$

نشاط (4):

اكتب معادلة تفاعل حمض الميتانوئيك مع البروبان – 1– ول، وسمّ المركب العضويّ النّاتج.

٢- تفاعل كلور الحمض الكربوكسيليّ مع الغول أو الفينول:

تطبيق (2):

أكتب معادلة تفاعل كلوريد الأستيل (كلور حمض الاستيك) مع الفينول، وأسمّي المركّب العضويّ النَّاتج.

$$CH_3-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-Cl + C_6H_5-OH \longrightarrow CH_3-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-O-C_6H_5 + HCl$$

كلوريد الأستيل — الفينول — إيتانوات الفنيل — غاز كلوريد الهدروجين

نشاط (5):

اكتب معادلة تفاعل كلوريد الأستيل مع الإيتانول، وسمّ المركب العضوي الناتج.

٣- تفاعل بلا ماء الحمض الكربوكسيلي مع الغول.

تطبيق (3):

أكتب معادلة تفاعل بلا ماء الحمض الكربوكسيليّ مع الغول.

$$R-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-O-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-R + R'-OH \Longrightarrow R-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-O-R' + R-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-OH$$

نشاط (6):

اكتب معادلة تفاعل بلا ماء حمض الميتانوئيك مع الإيتانول وسمّ المركّبات العضويّة النَّاتجة.

الخاصّيات الفيزيائيّة للإسترات :

- تزداد درجة غليان الإسترات بازدياد كتلها الجزيئيّة، إلا أنّها أقلّ من درجات غليان الحموض الكربوكسيليّة الموافقة، ويعود ذلك إلى تشكّل روابط هدروجينيّة بين جزيئات الحموض الكربوكسيليّة وعدم تشكّلها بين جزيئات الإسترات.
- لا تنحلّ الإسترات في الماء، ولكنّها تنحلّ في معظم المحلّات (المذيبات) العضويّة.

نشاط (7):

فسّر سبب عدم قدرة الإسترات على تشكيل روابط هدروجينيّة بين جزيئاتها.

بعض الخاصّيات الكيميائيّة للإسترات :

ا- حلمهة الإسترات:

تتفاعل الإسترات مع الماء معطيةً الحمض الكربوكسيلي والغول حيث تزداد سرعة التّفاعل بوجود الحموض اللاعضوية كحفازات.

تطبيق (4):

أكتب معادلة تفاعل حلمهة الإستر بوجود حمض لا عضوي كحفاز.

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-R' + H_2O \underset{}{\overset{H^+}{\rightleftharpoons}} R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-H + R'-OH$$

نشاط (8):

اكتب معادلة تفاعل حلمهة إيتانوات المتيل، وسمّ المركّبات العضويّة النّاتجة.

إثراء:

يمكن الاستفادة من تفاعل حلمهة الإسترات في حلمهة الدهون (إعادة تدوير الزّيوت المستعملة) عند درجة حرارة مرتفعة وضغط مرتفع، حيث نحصل على الحموض الكربوكسيليّة الدّسمة التي تُعدّ مادة أولية في صناعة الصّابون والغليسرين الذي يُستخدم في المجال الطّبّي وفي الصّناعة.

٢- تفاعل الإسترات مع القلويات:

يتفاعل الإستر مع هِدروكسيد الصُّوديوم أو البوتاسيوم تفاعلاً تامّاً معطياً الغول وملح الحمض الكربوكسيليّ الموافق.

تطبيق (5):

أكتب معادلة تفاعل الإستر مع هِدروكسيد الصُّوديوم.

$$R-\overset{\overset{\large O}{||}}{C}-O-R' + NaOH \longrightarrow R-\overset{\overset{\large O}{||}}{C}-ONa + R'-OH$$

نشاط (9):

اكتب معادلة تفاعل إيثانوات الإتيل مع هِدروكسيد البوتاسيوم وسمّ المركبات العضوية الناتجة.

إثراء:

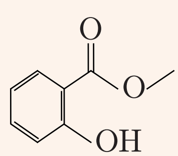
يعَدُّ تفاعل الإستر مع القلويات (تفاعل تصبن) من الطّرائق التقليديّة في صناعة الصّابون حيث تعتمد الصّناعة الحديثة على تفاعل الحمض الدّسم مع الأساس بشكل مباشر.

٣- إرجاع الإسترات:

ترجع الإسترات بوجود رباعيّ هدريد اللّيثيوم والألمنيوم إلى الغول الموافق.

إثراء:

يستخدم ساليسيلات المتيل الذي يُعدّ من الإسترات، في معالجة تقلّصات العضلات ويمتاز برائحتِه النّفّاذة.



تطبيق (6):

اكتب المعادلة المعبّرة عن إرجاع الإستر بوجود رباعيّ هدريد اللّيثيوم والألمنيوم.

$$R-\overset{\overset{\large O}{||}}{C}-OR' + 4[H] \xrightarrow{LiAlH_4} R-\underset{\underset{\large H}{|}}{\overset{\overset{\large H}{|}}{C}}-OH + R'-OH$$

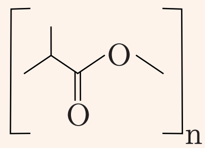
نشاط (10):

اكتب المعادلة المعبّرة عن تفاعل إرجاع ميثانوات الإتيل بوجود رباعيّ هدريد اللّيثيوم والألمنيوم، وسمّ المركّبات العضويّة النّاتجة.

إثراء:

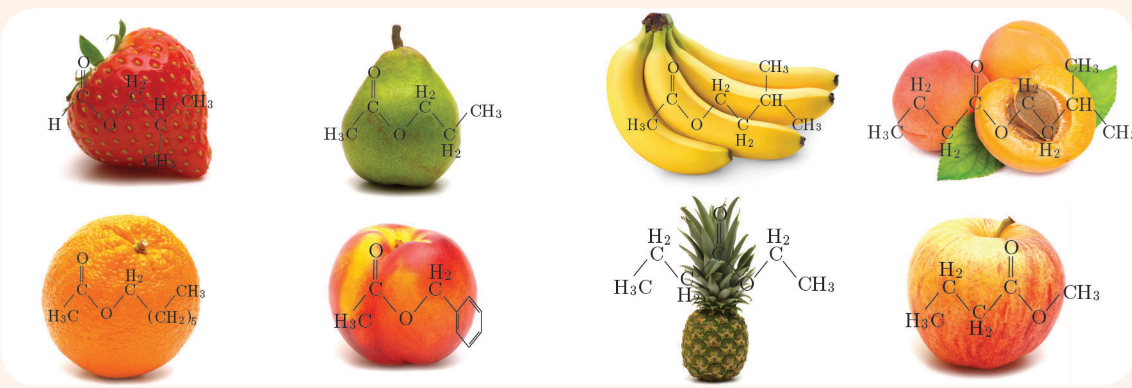
تستخدم بوليمرات الإستر (بوليستر) في صناعة الأقمشة الصّناعيّة التي تتميّز بأليافها القويّة وذو طبيعة كارهة للماء، ممّا يسهّل عمليتيّ الغسيل والتّجفيف.



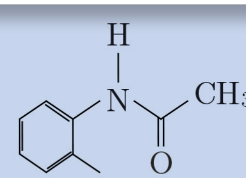


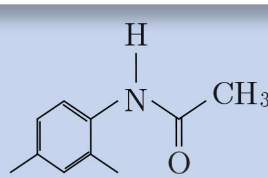
إثراء:

بعض الفواكه التي تميّز نكهتها الإسترات:



ثانياً: الأميدات







في عام 1886 تمَّ تحضير الأست أنيليد (N – فينيل أيتان أميد) كمسكّن للألم وخافض للحرارة ونظراً لآثاره الجانبيّة العديدة طُوّر إلى الباراسيتامول، حيث تعدّ هذه المركّبات من الأميدات.

الصّيغة العامّة للأميدات :

نشاط (1):

ألاحظ الجدول الآتي الذي يحتوي على أميدات:

$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\underset{\underset{H}{\|}}{N}-CH_2-CH_3$	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2$	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2$

1. ما الزّمرة الوظيفيّة التي تميّز الصّيغ السابقة؟
2. ما الصّيغة العامّة للأميدات؟

أستنتج:

- تحتوي الأميدات على الزّمرة الأميدية. $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-N\langle$
- الصيغة العامة للأميدات $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2$ أو $R-CO-NH_2$.

إضاءة

تصنّف الأميدات إلى أوّليّة وثانويّة وثالثيّة:

$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-N\langle^{H}_{H}$	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-N\langle^{R'}_{H}$	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-N\langle^{R'}_{R''}$
أميد أولي	أميد ثانوي	أميد ثالثي

تسمية الأميدات حسب قواعد الاتّحاد الدّوليّ للكيمياء البحتة والتّطبيقيّة IUPAC :

نشاط (2):

أُسمّي الأميد الآتي وفق قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC :

$$CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2$$

خطوات الحلّ:

1. أرقِّم أطول سلسلة كربونيّة بدءاً من ذرّة كربون الزّمرة الأميديّة $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-N\langle$:

$$\underset{3}{CH_3}-\underset{2}{CH_2}-\underset{1}{\overset{\overset{O}{\|}}{C}}-NH_2$$

2. أضع اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة ونتبعه باللّاحقة (أميد)
بروبان أميد.

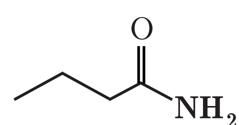
نتيجة:

تُكتب أسماء الأميدات حسب قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC وفق ما يلي:

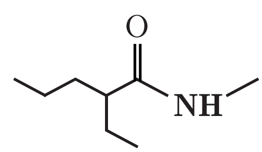
- تُرقّم أطول سلسلة كربونيّة بدءاً من كربون الزّمرة الأميديّة.
- يُكتب اسم كلّ فرع (مُتبادل) إن وُجد مسبوق برقم ذرّة الكربون المرتبط بها، وإذا كان المتبادل مرتبط بذرّة النّتروجين يسبق بالحرف N.
- يُكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة، ثمّ تكتب اللّاحقة (أميد).

تطبيق (1):

أكتب اسم كلاً من المركّبين الآتيين وفق قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC :



بوتان أميد



N– متيل 2– إتيل بنتان أميد

نشاط (3):

اكتب الصّيغة نصف المنشورة والصّيغة الهيكليّة للمركّب الآتي:

N,N– ثنائي متيل بروبان أميد

إضاءة

التّسمية الشّائعة للمركّب أسيت أميد

$$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-NH_2$$

تحضير الأميدات :

حيث تُحضّر الأميدات بتفاعل النّشادر أو مشتقّاته (الأمينات) مع الحموض الكربوكسيليّة أو مشتقّاتها (الإسترات، كلور الحمض، بلا ماء الحمض)

١- تفاعل النّشادر مع الإستر:

تطبيق (2):

أكتب معادلة تفاعل الإستر مع النّشادر بالتّسخين:

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OR' + NH_3 \xrightarrow{\Delta} R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-NH_2 + R'OH$$

نشاط (4):

اكتب معادلة تفاعل إيتانوات الإتيل مع النّشادر بالتّسخين وسمّ النّواتج.

٢- تفاعل كلور الحمض الكربوكسيليّ مع النّشادر أو الأمينات الأوّليّة:

تطبيق (3):

أكتب معادلة تفاعل كلور الحمض الكربوكسيليّ مع الأمين الأوّليّ.

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-Cl + R'-NH_2 \longrightarrow R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-\overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{N}-R' + HCl$$

نشاط (5):

اكتب معادلة تفاعل كلوريد الأستيل مع النّشادر، وسمّ المركّب العضويّ النّاتج.

٣- تفاعل بلا ماء الحموض الكربوكسيليّ مع الأمين الأوّليّ.

تطبيق (4):

أكتب معادلة تفاعل بلا ماء الحمض الكربوكسيليّ مع الأمين.

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}O-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-R + R'-NH_2 \longrightarrow R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-\overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{N}-R' + R-COOH$$

نشاط (6):

اكتب معادلة تفاعل بلا ماء حمض الإيتانوئيك مع إتيل أمين، وسمّ المركّبات العضويّة النّاتجة.

الخاصّيّات الفيزيائيّة للأميدات:

الأميدات مواد صلبة أو سائلة ذات درجات غليان وانصهار مرتفعة نسبياً، حيث تتشكّل روابط هدروجينيّة بين جزيئات الأميدات الأوّليّة والثّانويّة.

نشاط (7):

فسّر سبب عدم تشكّل روابط هدروجينيّة بين جزيئات الأميدات الثّالثيّة.

بعض الخاصّيّات الكيميائيّة للأميدات:

١- إرجاع الأميدات:

تُرجَع الأميدات إلى أمينات بوجود رباعيّ هدريد اللّيثيوم والألمنيوم وفقَ المعادلة:

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-NH_2 + 4[H] \xrightarrow{LiAlH_4} R-CH_2-NH_2 + H_2O$$

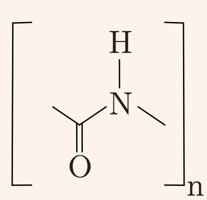
٢- حلمهة الأميدات:

ينتج عن حلمهة الأميد في وسط حمضي، الحمض الكربوكسيليّ والنّشادر وفق المعادلة:

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-NH_2 + H_2O \xrightarrow{H_3O^+} R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH + \overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{N}H_2$$

إثراء:

تستخدم بعض أنواع البولي أميد في صناعة الجلد الصّناعي حيث تساهم في التّقليل من استهلاك الموارد الطبيعيّة كما أنّ البروتينات تُعدّ من البولي أميد والّتي يمكن تحضيرها صناعيّاً.





تعلّمت

- تحتوي الإسترات على الزّمرة $-\overset{\overset{\displaystyle O}{||}}{C}-O-$ الإسترية.
- الصّيغة العامّة للإسترات $R-\overset{\overset{\displaystyle O}{||}}{C}-O-R'$ أو $RCOOR'$
- **تحضّر الإسترات بعدّة طرائق منها:**
  1. تفاعل الإسترة.
  2. تفاعل كلور الحمض الكربوكسيليّ مع الغول أو الفينول.
  3. تفاعل بلا ماء الحمض الكربوكسيليّ مع الغول.
- تزداد درجات غليان الإسترات بازدياد كتلها الجزيئيّة، إلا أنّها أقلّ من درجات غليان الحموض الكربوكسيليّة الموافقة.
- لا تنحلّ الإسترات في الماء، ولكنها تنحلّ في معظم المحلّات (المذيبات) العضويّة.
- تتحلمه الإسترات بتفاعلها مع الماء معطيةً الحمض الكربوكسيليّ والغول.
- تتفاعل الإسترات مع القلويّات معطية غول وملح الحمض الكربوكسيليّ.
- تحتوي الأميدات على الزّمرة الأميدية $-\overset{\overset{\displaystyle O}{||}}{C}-N<$.
- الصّيغة العامّة للأميدات $R-\overset{\overset{\displaystyle O}{||}}{C}-NH_2$ أو $R-CO-NH_2$
- **تحضير الأميدات بعدة طرائق منها:**
  1. تفاعل النّشادر مع الإستر.
  2. تفاعل كلور الحمض الكربوكسيليّ مع النّشادر أو الأمينات الأوليّة.
  3. تفاعل بلا ماء الحموض مع الأمين الأوّليّ.
- الأميدات مواد صلبة أو سائلة ذات درجات غليان وانصهار مرتفعة نسبياً.
- تُرجَع الأميدات إلى أمينات بوجود رباعي هدريد الليثيوم والألمنيوم.
- ينتج عن حلمهة الأميد في وسط حمضي، الحمض الكربوكسيليّ والنّشادر.

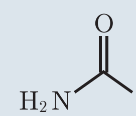
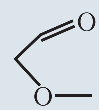
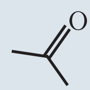
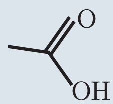
أختبر نفسي

أولاً: اختر الإجابة الصّحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. ينتج من تفاعل ميثانوات الإثيل مع النّشادر:

a. ميثانول b. إيثان أمين c. إيثان أميد d. ميثان أميد

2. المركّب العضويّ الذي يُعد أميد من المركّبات الآتية:

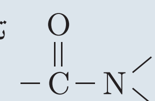
a. 
b. 
c. 
d. 

3. تفاعل الإسترة يحدث في الحمض الكربوكسيليّ على الرّابطة:

a. $C=O$ b. $O-H$ c. $C-C$ d. $C-O$

4. أحد المركّبات الآتية يشكّل روابط هدروجينيّة بين جزيئاته:

a. بروبان – 2 – ون b. 2 – متيل بوتانوات الإتيل c. N – متيل ميثان أميد d. ميثانال

5. الزمرة  تميّز المركّب العضويّ الآتي:

a. أميد b. أمين c. نتريل d. أستر

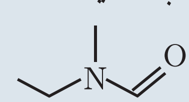
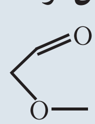
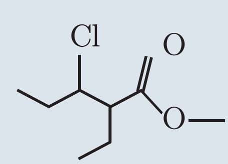
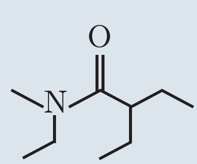
ثانياً: أعطِ تفسيراً علميّاً لكلّ ممّا يأتي:

1. درجات غليان الإسترات أقلّ من درجات غليان الحموض الكربوكسيليّة الموافقة.
2. المركّب N,N – ثنائي متيل إيثان أميد غير قادر على تشكيل روابط هدروجينيّة بين جزيئاته.

ثالثاً: مركّب عضويّ يتفاعل مع بلا ماء حمض الإيثانوئيك فينتج حمض الإيثانوئيك و N – إيتيل إيثان أميد والمطلوب:

1. ما صيغة هذا المركّب؟
2. اكتب المعادلة المعبّرة عن التّفاعل الحاصل.

رابعاً: اكتب الصّيغة النّصف منشورة للمركّبات الآتية، ثمّ سمّها وفق قواعد IUPAC.

a. 
b. 
c. 
d. 

خامساً: اكتب الصّيغة الهيكليّة للمركّبات الآتية:

a. ميثانوات نظامي البروبيل
b. N – إتيل ميثان أميد
c. 2,N,N – ثلاثي متيل بروبان أميد
d. 2 – برومو بروبانوات الميتيل

سادساً: أكمل المعادلات الآتية:

$$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-CH_3+CH_3OH \rightleftharpoons$$

$$H-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-NH_2+4[H]\xrightarrow{LiAlH_4}$$

$$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-C_2H_5+NaOH\longrightarrow$$

$$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-NH_2+H_2O\xrightarrow{H_3O^+}$$

سابعاً: حلّ المسألتين الآتيتين:

المسألة الأولى:

أميد أولي نسبة النّتروجين فيه 19.17%، المطلوب:

1. احسب كتلته الموليّة.
2. استنتج صيغته نصف المنشورة ، وسمّه.

$(H:1,\ C:12,\ N:14,\ O:16)$

المسألة الثّانية:

يتفاعل الإيتانول مع حمض كربوكسيلي وحيد الوظيفة فيتشكّل مركّب عضويّ كتلته الموليّة $88\ g.mol^{-1}$ ، المطلوب:

1. اكتب معادلة التّفاعل الحاصل.
2. استنتج صيغة الحمض الكربوكسيليّ، وسمّه.
3. استنتج صيغة المركّب العضويّ النّاتج، وسمّه.

$(H:1,\ C:12,\ O:16)$

تفكير ناقد

لتحضير مركّب بروبان أميد يتفاعل بلا ماء حمض كربوكسيلي مع النشادر بالتسخين، اكتب المعادلة الكيميائية المعبّرة عن التفاعل الحاصل.

أبحث أكثر

ابحث في مكتبة مدرستك أو في الشابكة عن طرائق تصنيع الباراسيتامول.

الأمينات

5-5

الأهداف:

* يصنّف الأمينات إلى أولية ، ثانوية ، ثالثية.
* يسمّي الأمينات وفق قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC.
* يوضّح بعض طرائق تحضير الأمينات.
* يفسّر بعض الخاصّيّات الفيزيائيّة للأمينات.
* يتعرّف بعض الخاصّيّات الكيميائيّة للأمينات.

الكلمات المفتاحية:

* أمينات أوّليّة.
* أمينات ثانويّة.
* أمينات ثالثيّة.



تدخل الأمينات في صناعات عديدة مثل الأدوية والمبيدات الحشريّة والأصبغة.

الصّيغة العامّة للأمينات :

نشاط (1):

ألاحظ الجدول الآتي الذي يحتوي على أمينات:

$CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\mid}{N}}-CH_3$	$CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle H}{\underset{\mid}{N}}-CH_3$	$R-\underset{\displaystyle H}{\underset{\mid}{N}}-H$

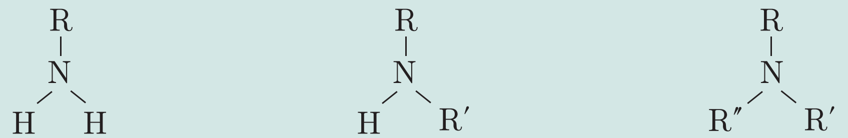
1. ما الرّابطة التي تميّز الأمينات؟
2. ما الصّيغة العامّة للأمينات الأوّليّة؟
3. ما العلاقة بين الأمينات والنّشادر؟

أستنتج:

- **الرّابطة التي تميّز الأمينات $C-N\langle$.**
- **الصّيغة العامّة للأمينات الأوليّة $R-NH_2$.**
- **الأمينات مركّبات عضويّة مشتقّة من النّشادر(الأمونيا)، حيث يحلّ جذر (ألكيل) أو جذر (أريل) أو أكثر محل ذرّة هدروجين أو أكثر.**

إضاءة

تصنيف الأمينات:



أمين ثالثي — أمين ثانوي — أمين أولي

تسمية الأمينات حسب قواعد الاتّحاد الدّوليّ للكيمياء البحتة والتّطبيقيّة IUPAC :

نشاط (2):

أُسمّي الأمين الآتي وفق قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC :

$$CH_3-CH_2-NH_2$$

خطوات الحلّ:

1. أرقّم أطول سلسلة كربونيّة من الطّرف الأقرب للزّمرة الأمينيّة:

$$\underset{2}{CH_3}-\underset{1}{CH_2}-NH_2$$

2. أضع اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة ونتبعه باللّاحقة (أمين).
إيتان أمين.

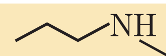
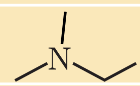
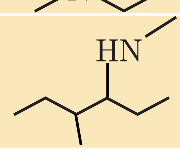
نتيجة:

تُكتب أسماء الأمينات حسب قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC وفق ما يلي:

- ترقَّم أطول سلسلة كربونيّة من الطّرَف الأقرب للزُّمرة الأمينيّة.
- يُكتب اسم كلّ فرع (مُتبادل) إن وُجد مسبوق برقم ذرّة الكربون المرتبط بها، وإذا كان المتبادل مرتبط بذرّة النّتروجين يسبق بالحرف N.
- يُكتب رقم ذرّة الكربون المرتبطة بها ذرّة النتروجين بعد اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة، ثمّ تكتب اللّاحقة (أمين).

تطبيق (1):

أكتب اسم كلاً من المركّبات الآتية وفق قواعد الاتّحاد الدّوليّ IUPAC :

	N– متيل بروبان – 1– أمين
	N,N– ثنائي متيل إيتان أمين
	N,4– ثنائي متيل هكسان – 3– أمين

نشاط (3):

اكتب الصّيغة نصف المنشورة والصّيغة الهيكليّة للمركّب الآتي:

N,N– ثنائي متيل بروبان – 1– أمين

بعض طرائق تحضير الأمينات :

١– تفاعل النّشادر مع هاليد الألكيل:

تطبيق (2):

أكتب معادلة تفاعل هاليد الألكيل مع النّشادر في شروط مناسبة. $R - X + NH_3 \longrightarrow RNH_2 + HX$

نشاط (4):

أكتب معادلة تفاعل يودو الإيتان مع النّشادر.

٢– تفاعل الغول مع النّشادر:

تطبيق (3):

أكتب معادلة تفاعل الميتانول مع النّشادر بشروط مناسبة وبوجود أكسيد الألمنيوم كوسيط.

$$CH_3 - OH + NH_3 \xrightarrow{Al_2O_3} CH_3NH_2 + H_2O$$

نشاط (5):

اكتب معادلة تفاعل ميثان أمين مع الميثانول بشروط مناسبة وبوجود أكسيد الألمنيوم كوسيط، ثمّ صنّف الأمين النّاتج (أولي – ثانوي – ثالثي)

٣- إرجاع النتريلات:

تطبيق (4):

أكتب معادلة تفاعل إرجاع نتريل البروبان بوجود الهدروجين على سطح حفاز من النيكل وسمّ المركّب العضويّ النّاتج.

$$CH_3 - CH_2 - CN + 4[H] \longrightarrow CH_3 - CH_2 - CH_2 - NH_2$$

بروبان – 1– أمين

نشاط (6):

اكتب معادلة تفاعل إرجاع نتريل الميثان بوجود الهدروجين على سطح حفاز من النّيكل وسمّ المركّب العضويّ النّاتج.

الخاصّيّات الفيزيائيّة للأمينات :

- الأمينات ذات الكتل الجزيئيّة المنخفضة مزوجيتها شديدة في الماء، وتقلّ مزوجيتها في الماء بزيادة كتلها الجزيئيّة.
- تمتاز الأمينات بروائح نشادريّة واخزة مميزة، والأمينات العليا روائحها كريهة جداً.
- الأمينات الأوّليّة والثّانويّة تشكّل روابط هدروجينيّة بين جزيئاتها ممّا يرفع من درجة غليانها.

نشاط (7):

درجة غليان الأمينات الأولية والثّانوية أعلى من درجة غليان الألكانات الموافقة، فسّر ذلك؟

بعض الخاصّيّات الكيميائيّة للأمينات :

الخاصّيّة الأساسيّة:

تحتوي الأمينات على زوج إلكترونيّ غير رابط على ذرّة النّتروجين قادرة على منحه أو استقبال بروتون ممّا يكسبها خاصّيّات أساسيّة.

- تأيّن الأمينات في الماء:

تطبيق (5):

أكتب معادلة تأين الأمين الأوّليّ.

$$RNH_2 + H_2O \rightleftharpoons CH_3 - CH_2 - NH_3^+ + OH^-$$

نشاط (8):

اكتب معادلة تأين ميتان أمين، ثمّ حدّد الأزواج المترافقة أساس/حمض بحسب نظريّة برونشتد — لوري.

- تفاعل الأمينات مع الحموض.

تطبيق (6):

أكتب معادلة تفاعل إيتان أمين مع حمض كلور الماء.

$$CH_3 - CH_2 - NH_2 + HCl \longrightarrow CH_3 - CH_2 - NH_3^+ + Cl^-$$

إثراء:

الأمينات ومشتقاتها تساعد الملايين في أفريقيا في علاج الملاريا ومرض النوم.



تعلّمت

- الرّابطة التي تميّز الأمينات $C-N\langle$.
- الصّيغة العامّة للأمينات الأوّليّة $R-NH_2$.
- الأمينات مركّبات عضويّة مشتقّة من النّشادر(الأمونيا)، حيث يحلّ جذر (ألكيل) أو جذر (أريل) أو أكثر محل ذرّة هدروجين أو أكثر.
- تصنّف الأمينات إلى أمينات أوّلية، ثانويّة، ثالثيّة.
- تحضّر الأمينات بعدّة طرائق منها:
  1. تفاعل النّشادر مع هاليد الألكيل.
  2. تفاعل الغول مع النّشادر.
  3. إرجاع النتريلات.
- الأمينات ذات الكتل الجزيئيّة المنخفضة مزوجيتها شديدة في الماء، وتقلّ مزوجيتها في الماء بزيادة كتلها الجزيئيّة.
- الأمينات الأوّليّة والثّانويّة تشكّل روابط هدروجينيّة بين جزيئاتها ممّا يرفع من درجة غليانها.
- تتصف الأمينات بصفة أساسيّة، حيث تتفاعل مع الحموض وتشكّل الأملاح.

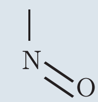
أختبر نفسي

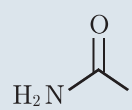
أولاً: اختر الإجابة الصّحيحة لكلّ ممّا يأتي:

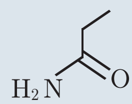
1. ينتج من تفاعل إرجاع بروبان نتريل:

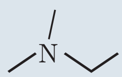
a. بروبان أميد　　**b.** بروبان أمين　　**c.** إيتان أمين　　**d.** إيتان أميد

2. المركّب العضويّ الذي يُعدّ من الأمينات في المركّبات الآتية:

a. 

b. 

c. 

d. 

ثانياً: إذا علمتَ أنّ قيمة ثابت تأيّن النّشادر $K_b = 2 \times 10^{-5}$ وقيمة ثابت تأيّن ميتان أمين $K_b = 2 \times 10^{-4}$ المطلوب:

1. اكتب معادلة تأيّن كلّ منهما.
2. حدّد أيّهما أساس أقوى مفسّراً إجابتك.

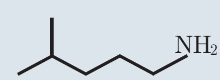
ثالثاً: أعطِ تفسيراً علمضياً لكلّ ممّا يأتي:

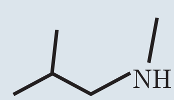
1. درجات غليان الأمينات الأوليّة والثّانويّة أعلى من درجة غليان الألكانات الموافقة.
2. مزوجية ميتان أمين شديدة في الماء.

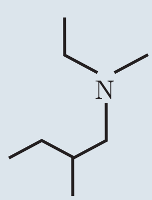
رابعاً: مركّب عضويّ يتفاعل مع الإيتانول وينتج N,N ثنائيّ إتيل إيتان أمين والماء، المطلوب:

1. ما صيغة هذا المركّب؟
2. اكتب المعادلة المعبّرة عن التّفاعل الحاصل.

خامساً: لديك الصّيغ الهيكليّة للأمينات الآتية المطلوب:

a. 

b. 

c. 

1. اكتب الصّيغة النّصف منشورة للمركّبات الآتية، ثمّ سمها وفق قواعد IUPAC.
2. صنّفها إلى أمينات (أوّليّة – ثانويّة – ثالثيّة)

سادساً: اكتب الصّيغة الهيكليّة للمركّبات الآتية:

a. بروبان – 1 – أمين　　**b.** N – إتيل بوتان – 2 – أمين　　**c.** N – إتيل N – متيل بنتان – 1 – أمين

سابعاً: أكمل المعادلات الآتية:

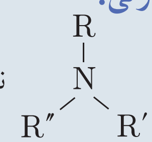
$$C_2H_5 - CN + 4[H] \longrightarrow$$

$$C_2H_5 - Br + NH_3 \longrightarrow$$

$$CH_3 - CH_2 - OH + CH_3 - CH_2NH_2 \longrightarrow$$

ثامناً: حلّ المسألتين الآتيتين:

المسألة الأولى:

أمين ثالثي  نسبة النّتروجين فيه 13.86% المطلوب:

1. احسب كتلته الموليّة.
2. استنتج صيغته نصف المنشورة وسمّه علماً أنّ $R = R' = R''$.

$(H:1,\ C:12,\ N:14)$

المسألة الثّانية:

محلول مائي للميتان أمين تركيزه $0.5\ mol.L^{-1}$ وقيمة $pH = 12$ المطلوب:

1. اكتب معادلة تأيّنه، ثمّ حدّد الأزواج المترافقة أساس/حمض بحسبِ برونشتد لوري.
2. احسب قيمة درجة تأيّنه.
3. احسب قيمة ثابت تأيّنه.
4. للحصول على $10\ L$ من محلول ميتان أمين السّابق نرجع الميتان أميد بوجود رباعي هدريد اللّيثيوم والألمنيوم، المطلوب:
   a. اكتب معادلة التّفاعل الحاصل.
   b. احسب كتلة الأميد اللّازمة لذلك.

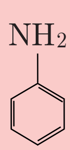
$(H:1,\ C:12,\ N:14,\ O:16)$

تفكير ناقد

يعدّ إيتيل أمين أساساً أقوى من متيل أمين ما تفسيرك لذلك؟

أبحث أكثر

يُعدّ التلوين من الأمينات العطرية والذي له استخدامات صناعية عديدة، ابحث في مكتبة مدرستك أو في الشابكة عن طريقة تحضيره عن أهم استخداماته.



التلوين

أسئلة الوحدة الخامسة

أولا: اخترِ الإجابةَ الصّحيحة لكلٍّ ممّا يأتي:

1. الرّابطة $\text{C}-\text{N}\begin{smallmatrix}/\\ \backslash\end{smallmatrix}$ تميّز المركّب العضويّ الآتي:

a. أميد　　**b.** نتريل　　**c.** أمين　　**d.** أستر

2. ينتج حمض البروبانوئيك من تفاعل:

a. أكسدة البروبانون　　**b.** إرجاع البروبان – 2– ول

c. أكسدة البروبانال　　**d.** إمرار بخار البروبان – 1– ول على مسحوق النحاس المسخّن

3. أحد المركَّبات الآتية لا يشكّل روابط هدروجينيّة بين جزيئاته:

a. بروبان – 2– ول　　**b.** حمض الميتانوئيك　　**c.** N– متيل إيتان أمين　　**d.** إيتانال

ثانياً: اكتب الصِّيغة نصف المنشورة ثمّ الصيغة الهيكلية لكلّ من المركّبات الآتية:

3,2– ثنائي متيل بنتان – 2– ول　　حمض 2– كلورو البوتانوئيك

N,N– ثنائي متيل بوتان أميد　　N,N– ثنائي إتيل بنتان – 2– أمين

ثالثاً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

نأخذ 50 mL من محاول الإيتانول ونضيف إليه كمّيّة مناسبة من البوتاسيوم، فينطلق غاز حجمه في الشَّرطين النِّظاميين 224 mL. **المطلوب**:

1. اكتب معادلة التَّفاعل الحاصل.
2. احسب تركيز محلول الإيتانول مقدّراً بـ mol.L^{-1}, g.L^{-1}.
3. يراد الحصول على 5 L من الإيتانول السابق من ضمّ الماء إلى الإيتن. احسب حجم غاز الايتن اللازم لذلك في الشَّرطين النِّظاميين.

(K:39, C:12, O:16, H:1)

المسألة الثانية:

نعامل 10 mL من محلول الإيتانال تركيزه $0.5\ \text{mol.L}^{-1}$ بكمية كافية من محلول فهلنغ فيتكوّن راسب أحمر آجري من أكسيد النحاس I **المطلوب**:

1. اكتب معادلة التفاعل واحسب كتلة الراسب.
2. للحصول على 5 L من محلول الإيتانال السابق يُؤكسد الإيتانول، اكتب معادلة التفاعل ثمّ احسب كتلة الإيتانول اللازمة لذلك.

(C:12, O:16, H:1, Cu:63.5)

المسألة الثالثة:

يُعامل $0.5\,L$ من محلول الإيثانال بكمية كافية من كاشف تولِن، فيتشكّل راسب كتلته $5.4\,g$، **المطلوب**:

1. اكتب معادلة التفاعل.
2. احسب التركيز المولي لمحلول الإيثانال.
3. احسب كتلة الإيثانول اللازمة للحصول على $10\,L$ من محلول الإيثانال السابق.

(Ag: 108, C: 12, O: 16, H: 1)

المسألة الرابعة:

يُؤكسد $23\,g$ من الإيثانول أكسدة تامّة ويُكمل الحجم بالماء المقطر إلى $250\,mL$، ثمّ يُعاير المحلول الناتج باستعمال هدروكسيد الصوديوم تركيزه $1\,mol.L^{-1}$، **المطلوب**:

1. اكتب جميع معادلات التفاعلات الحاصلة.
2. احسب حجم هدروكسيد الصوديوم اللازم للمعايرة.
3. احسب التركيز المولي لمحلول الملح الناتج بعد تمام المعايرة.
4. تُؤخذ عينة مماثلة لهدروكسيد الصوديوم ويُضاف إليها تسع أضعافها ماء، احسب تركيزها الجديد، واحسب الـ pH في هذه الحالة لهذا المحلول.

(Na: 23, C: 12, O: 16, H: 1)

المسألة الخامسة:

محلول حمض الخل تركيزه $0.05\,mol.L^{-1}$ ثابت تأين حمض الخل 5×10^{-5}، **المطلوب**:

1. احسب pH المحلول.
2. لاستحصال $5\,L$ من المحلول السابق يُؤكسد الإيثانول أكسدة تامة:
   - **a.** اكتب المعادلة الكيميائية المعبّرة عن التفاعل الحاصل.
   - **b.** احسب كتلة الإيثانول اللازمة لذلك.

المسألة السادسة:

مزيج من الإيثانال وحمض الإيثانوئيك يُقسم إلى قسمين متساويين. يُعامل القسم الأوّل بكاشف تولن فيتشكَّل راسب كتلته $10.8\,g$ أما القسم الثّاني، فيؤكسد ويُعامل ناتج الأكسدة بمحلول هِدروكسيد الصُّوديوم تركيزه $1\,mol.L^{-1}$ فيلزم لذلك $150\,mL$ منه. **المطلوب**:

1. اكتب المعادلات المعبّرة عن التَّفاعلات الحادثة.
2. احسب كتلة المزيج المتفاعل.

(C: 12, H: 1, Ag: 108, Na: 23, O: 16)

المسألة السابعة:

نعامل $6\,g$ من حمض كربوكسيليّ وحيد الوظيفة مع ملح كربونات الصُّوديوم فينطلق غاز حجمه $1.12\,L$ في الشّرطيين النّظاميين. **المطلوب**:

1. اكتب معادلة التّفاعل الحادثة واحسب الكتلة الموليّة للحمض.
2. أوجد الصّيغة نصف المنشورة للحمض وسمّه.

3. يُحلّ 3 g من الحمض السّابق في ليتر من الماء، فإذا علمتَ أنَّ درجة تأيّنه 2% احسب pH المحلول
(C:12, H:1, Na:23, O:16)

المسألة الثامنة:

للحصول على 5 L من محلول حمض الخلّ تركيزه $0.05\ mol.L^{-1}$ يُؤكسد الإيتانول أكسدة تامّة **والمطلوب**:

1. اكتب معادلة التّفاعل الحاصل.
2. احسب كتلة الإيتانول اللّازمة لذلك.
3. يُفاعل 1 L من الحمض السّابق مع هِدروكسيد الصُّوديوم. احسب كتلة الملح النَّاتج.
(C:12, H:1, Na:23, O:16)

مشروع الكيمياء العضوية

اهتمّت دول العالم بدراسة الكيمياء العضوية لأهميّتها في حياة الكائن الحيّ، وظهرت صناعات عضوية عديدة منها الصناعات الدوائية – البتروكيميائية – المبيدات الحشرية والمنظفات.

هدف المشروع:

التعرّف على دور المركبات العضوية وأهميتها في الصناعات الدوائية.

مراحل المشروع:

أولاً: التخطيط:

1. التعرّف على أهمية الدواء لحياة الإنسان.
2. التعرّف على المصادر الرئيسية للأدوية.
3. التعرّف على التقنيات المستخدمة في دراسة الأدوية وتأثيراتها الحيوية.
4. التعرّف على التوجهات التي انطلقت منها الصناعات الدوائية.
5. التعرّف على أهمية عمل الكيميائيين في المنشأة.
6. اقتراح طرائق لتحسين الصناعات الدوائية.

ثانياً: التنفيذ:

1. توزيع الطلاب إلى ست مجموعات.
2. تحديد مهمة كلّ مجموعة:
   المجموعة الأولى: تبحث في أهمية الدواء للإنسان وتطور صناعته.
   المجموعة الثانية: تبحث في المصادر الرئيسية للأدوية.
   المجموعة الثالثة: تبحث في التقنيات المستخدمة في دراسة الأدوية وتأثيراتها الحيوية.
   المجموعة الرابعة: تبحث في أهمية اصطناع الدواء من منشأ بيولوجي.
   المجموعة الخامسة: تبحث في أهمية عمل الكيميائي في المنشأة.
   المجموعة السادسة تبحث في طرائق تحسين الصناعات الدوائية.
3. يتم جمع المعلومات من خلال رحلة علمية إلى منشأة لصناعة الأدوية، أومن خلال رحلة إلكترونية عبر الشابكة.
4. تبادل المعلومات بين المجموعات، وتسليم نسخة ورقية أو إلكترونية حول البحث.

ثالثاً: التقويم:

مناقشة النتائج التي تمّ التوصل إليها، وإعداد تقرير كامل حول دور المركبات العضوية وأهميتها في الصناعات الدوائية خلال مدة عشرين يوماً.

المصطلحات الانكليزية

English	Arabic
Nuclear Stability	الاستقرار النّوويّ
Nuclear Transformations	التحوّلات النووية
Nucleus Binding Energy	طاقة ارتباط النّواة
Radioactive Half Life	عمر النّصف لمادّة مشعّة
Nuclear Reaction	تفاعل نووي
Nuclear fission	انشطار نوويّ
Nuclear Fusion	اندماج نوويّ
Gas Pressure	ضغط الغاز
Atmospheric Pressure	الضّغط الجوي
Boyle's Law	قانون بويل
Charles' Law	قانون شارل
Gay Lussac's Law	قانون غاي لوساك
Avogadro's Law	قانون أفوغادرو
Dalton's Law	قانون دالتون
Real Gas	الغاز الحقيقيّ
Ideal Gas	الغاز المثالي
Reaction Rate	سرعة التّفاعل
The Average Rate of Reaction	سرعة التّفاعل الوسطيّة
Order of Reaction	رتبة التّفاعل
Catalyst	الوسيط
Activation Energy	طاقة التّنشيط
Chemical Equilibrium	التوازن الكيميائي
Equilibrium State	حالة التّوازن

English	Arabic
Equilibrium Constant with Concentration (Kc)	ثابت التّوازن بدلالة التّراكيز
Reaction Product	حاصل التّفاعل
Equilibrium Constant with Partial Pressure (Kp)	ثابت التّوازن بدلالة الضّغوط الجزئيّة
Le Chatelier's Principle	مبدأ لوشاتوليه
Analytical Chemistry	الكيمياء التحليلية
Amphoteric Compound	مركّبٌ مذبذبٌ
The Degree of Ionization	درجةُ تأيّنٍ
Conjugate Pairs	أزواجٌ مترافقةٌ
Acid Dissociation Constant (Ka)	ثابتُ تأيّنِ الحمضِ
Base Dissociation Constant (Kb)	ثابتُ تأيّنِ الأساسِ
Aqueous Solutions of Salts	المحاليل المائية للأملاح
Hydrolysis	حلمهة
Rehydration	إماهة
Acidic Buffer Solution	المحلول المنظم للحموضة
Solubility of a Salt	ذوبانية ملح
Solubility Product Constant (Ksp)	جداء الذوبان
Monatomic Ion	أيون حيادي
Acid-Base Titration	معايرة حمض أساس
Equivalence Point	نقطة التكافؤ
Indicator Range	مجال المشعر
Titration Curve	منحني المعايرة
Organic Chemistry	الكيمياءُ العضويّةُ
Alcohol	الغول

English	Arabic
Markovnikov's Rule	قاعدة ماركوفنيكوف
Esterification	الأسترة
Dehydration	البلمهة
Zaitsev's Rule	قاعدة زايتسف
Aldehydes	الألدهيدات
Ketones	الكيتونات
Carbonyl Group	زمرة الكربونيل
Carboxylic Acids	الحموض الكربوكسيليّة
Carboxyl Group	زمرة الكربوكسيل
Ester	إستر
Amide	أميد
Amide Group	الزّمرة الأميدية
Ester Group	الزّمرة الإستيرية
Primary Amines	أمينات أوّليّة
Secondary Amines	أمينات ثانويّة
Tertiary Amines	أمينات ثالثيّة